

# REMCID

Revista Multidisciplinaria de  
Ciencia Innovación y Desarrollo

ISSN: 2954-498X · e-ISSN: 2954-4998

Vol. 1 • Núm. 1 • Enero-Junio 2022

Mensaje Institucional

Mensaje Editorial

Artículos Originales

Tratamiento de agua residual de beneficio de café mediante un reactor de lecho empacado.  
Jesús Emmanuel García Valencia *et al.*

*Trichoderma* spp, *Bacillus subtilis* y Peróxido de hidrógeno para control de *Phytophthora* spp  
en limón “persa” (*Citrus latifolia*).  
Luis Felipe Juárez-Santillán *et al.*

Peróxido de hidrógeno y bicarbonato de sodio para control de gomosis en el cultivo  
de naranja Valencia.  
Luis Felipe Juárez-Santillán *et al.*

Sinergismo antibacteriano de *Petiveria alliacea* sobre bacterias de interés farmacológico. Julio  
Alfonso Armenta Barrios *et al.*

Uso de estrategias de aprendizaje en la adquisición de una segunda lengua: caso de estudio  
Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora.  
Julián Barragán Díaz y Rosa Anahí Gámez Ortiz.

Aplicación del estándar del PMBOK para determinar la factibilidad económica en un proyecto  
de tecnología termosolar.  
Luís Genaro García Gómez *et al.*

Diagnóstico del entorno empresarial y toma de decisiones financieras en época de crisis:  
Estudio de caso en la industria del material de la construcción.  
Rosa Celia Suárez Jacobo *et al.*



---

## Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, Veracruz

### Rectora

Sandra Angélica Hernández Herrera

### Directora Académica

Milagros Muñoz Bauza

### Director de Vinculación

Heriberto Ortiz Vera

### Director de Planeación

Israel Benítez Martínez

### Director de Administración

Honorato Pérez Antonio

### Abogado General

Ronald Castro Ortiz

---

### Editor en Jefe

Raúl Alejandro Limón Hernández

### Editor Asociado

Heriberto Ortiz Vera

---

### Comité Editorial Interno

Verónica López Hernández

Iriana Hernández Martínez

Brenda Adolfina García Gutiérrez

### Comité Editorial Externo

María Rebeca Rojas Ronquillo

Irving David Pérez Landa

José Ángel Granados Arvizu

Monserrat Escamilla García

María del Consuelo Maceda Carrasco

Guillermo Escalante Cabrera

---

La Revista Multidisciplinaria de Ciencia, Innovación y Desarrollo es el órgano oficial de la Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, Veracruz, publicada de forma semestral. Editada por TD&IS Training, Distribution and Integrated Services S.A. de C.V. Reserva de derechos al uso exclusivo número 04-2022-042009561300-102, Volumen 1, Número 1, enero-junio 2022. ISSN: 2954-498X · e-ISSN: 2954-4998. El contenido de los artículos firmados es responsabilidad de los autores. Todos los derechos reservados de acuerdo con la Convención Latinoamericana y la Convención Internacional de los Derechos de Autor. Ni la totalidad, ni parte de esta publicación pueden reproducirse, registrarse, almacenarse, utilizarse o transmitirse por un sistema de recuperación de información, en ninguna forma ni por ningún medio, sea electrónico, mecánico, fotoquímico, magnético o electroóptico, por fotocopia, grabación, escaneo, digitalización, grabación en audio, distribución en internet, distribución en redes de información o almacenamiento y recopilación en sistemas de información., ni traducida a otros idiomas sin el consentimiento por escrito de sus editores. © D.R. 2022, Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, Veracruz.

## Contenido

---

Mensaje Institucional	iii
Mensaje Editorial	iv
Artículos originales	
Tratamiento de agua residual de beneficio de café mediante un reactor de lecho empacado. Jesús Emmanuel García Valencia <i>et al.</i>	01
<i>Trichoderma spp</i> , <i>Bacillus subtilis</i> y Peróxido de hidrógeno para control de <i>Phytophthora spp</i> en limón "persa" ( <i>Citrus latifolia</i> ). Luis Felipe Juárez-Santillán <i>et al.</i>	07
Peróxido de hidrógeno y bicarbonato de sodio para control de gomosis en el cultivo de naranja Valencia. Luis Felipe Juárez-Santillán <i>et al.</i>	15
Sinergismo antibacteriano de <i>Petiveria alliacea</i> sobre bacterias de interés farmacológico. Julio Alfonso Armenta Barrios <i>et al.</i>	23
Uso de estrategias de aprendizaje en la adquisición de una segunda lengua: caso de estudio Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora. Julián Barragán Díaz y Rosa Anahí Gámez Ortiz.	29
Aplicación del estándar del PMBOK para determinar la factibilidad económica en un proyecto de tecnología termosolar. Luís Genaro García Gómez <i>et al.</i>	37
Diagnóstico del entorno empresarial y toma de decisiones financieras en época de crisis: Estudio de caso en la industria del material de la construcción. Rosa Celia Suárez Jacobo <i>et al.</i>	45



## Mensaje Institucional

La *Revista Multidisciplinaria de Ciencia, Innovación y Desarrollo* nace con el propósito de dar a conocer, tan ampliamente como sea posible, la productividad científica de los Cuerpos Académicos de la Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, así como constituirse en medio de difusión de investigadores de instituciones educativas de educación media superior y superior, centros e institutos de investigación con alcance nacional e internacional.

Desde nuestra Universidad entendemos la educación como bien social y desde esta perspectiva, la investigación y sus resultados no pueden ser diferentes; se busca que los proyectos beneficien a la población y resuelvan una problemática real.

La dimensión multidisciplinaria será el hilo conductor de la revista para poner en común diferentes perspectivas del conocimiento. Si bien en estos terrenos la certeza es una frágil noción, puedo afirmar que la Investigación y el Desarrollo Tecnológico poseen un amplio repertorio de elementos, conceptos, métodos, o herramientas formales, que puedan ser comunes y aprovechables por distintas disciplinas científicas.

Este primer número contiene artículos resultado de investigaciones prácticas y serán bienvenidos aquellos que propongan revisiones, discusiones teóricas en los campos de la física, las matemáticas, la óptica o cualquier otra disciplina que nos coloque en la frontera del conocimiento; pero también los que abran el debate y la reflexión de temas con claro interés y sentido social.

Es por ello por lo que la revista cuenta con varias secciones que no constituyen una estructura cerrada o definitiva. Los temas nacionales e internacionales, las innovaciones y la pertinencia de la investigación serán el núcleo que defina la estructura de la *Revista Multidisciplinaria de Ciencia, Innovación y Desarrollo* que hoy adquiere vida propia y ponemos a consideración de la comunidad científica.

Sandra Angélica Hernández Herrera  
Rectora



## Mensaje Editorial

Este primer número es una apuesta doble. La primera es a la juventud de nuestra planta de académicos e investigadores. La segunda a la productividad científica de nuestros Cuerpos Académicos. En esta simbiosis ponemos una fuerte dosis de confianza para mantener y hacer que la *Revista Multidisciplinaria de Ciencia, Innovación y Desarrollo, REMCID*, prevalezca en el tiempo y aporte soluciones, conocimiento e innovaciones a favor de la Sociedad.

En este primer paso nos acompaña la Universidad Autónoma de Nuevo León por conducto de la Secretaría de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico y su Revista **CIENCIAUANL** con poco más de 25 años de trayectoria en Divulgación Científica y Tecnológica, con quien se acordó una suerte de par cruzado. Esto es, que el siguiente número de la revista REMCID esté totalmente conformado con artículos de investigadores de la UANL y, en correspondencia, que los investigadores de la Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora publiquen en la revista **CIENCIAUANL**.

Primer paso que esperamos sea como las instrucciones precisas para subir una escalera, que en palabras de Julio Cortázar asegura que las escaleras se suben de frente, pues hacia atrás o de costado resultan particularmente incómodas.

Raúl Alejandro Limón Hernández  
Editor en Jefe

Heriberto Ortiz Vera  
Editor Asociado



## ARTÍCULO ORIGINAL

## Tratamiento de agua residual de beneficio de café mediante un reactor de lecho empacado

Jesús Emmanuel García Valencia<sup>1\*</sup>, Raúl Alejandro Limón Hernández<sup>1</sup>, Iriana Hernández Martínez<sup>1</sup>, Verónica López Hernández<sup>1</sup>, Miriam Minerva Jiménez Lara<sup>2</sup> y Beatriz Adriana Dueñas Gallegos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, Campus Gutiérrez Zamora, Veracruz, México

<sup>2</sup>Universidad Tecnológica de Manzanillo, Manzanillo, Colima, México

Fecha de recepción: 31 de mayo de 2022; fecha de aceptación del artículo: 04 de julio de 2022.

### PALABRAS CLAVE

Agua residual; beneficio de café; biorreactor; Biopelícula.

### Resumen

El café es considerado como una de las principales materias primas de mayor seguimiento económico a nivel mundial, en México representa uno de los principales cultivos industriales, especialmente en los estados de Oaxaca, Chiapas y Veracruz. En el proceso de beneficio húmedo del café de una empresa ubicada en Huatusco, Veracruz, el agua se utiliza como servicio para el proceso de lavado cuyo objetivo es retirar la materia orgánica del fruto para obtener la semilla de café con lo que se genera un agua residual denominada aguamiel. De acuerdo con Limón *et al.*, (2021) el agua residual tiene un índice alto de biodegradabilidad por lo que el uso de un tratamiento biológico puede ser viable para el tratamiento del agua residual tal y como se ha demostrado por Hernández *et al.*, (2021) quien aplicó un biofiltro para la depuración. Por tal motivo, el presente proyecto tuvo la finalidad de evaluar la depuración de agua residual de beneficio de café mediante el uso de un reactor de lecho empacado. Se realizó un diseño experimental <sup>2</sup> con dos variables y dos niveles: tiempo de maduración de la biopelícula (24 h y 48 h) y aireación (presencia o ausencia). La metodología desarrollada constó de 5 pasos que son: el diseño experimental, la activación y adaptación de la cepa, formación de la biopelícula, construcción del reactor de lecho empacado, caracterización del agua residual y análisis estadístico de resultados. Se encontró que el tratamiento a 24 horas con aireación y el de 48 horas sin aireación arrojan remociones mayores al 95 %, lo cual indica que se tienen dos alternativas para el tratamiento del agua, sin embargo, debido a los gastos energéticos generados en el proceso de aireación se puede considerar más viable el segundo tratamiento.

<https://doi.org/10.56382/tdis.remcid.2022.1.1.1.6>

Correspondencia: Jesús Emmanuel García Valencia. Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, Ingeniería en Procesos Químicos, Campus Gutiérrez Zamora, Carretera Gutiérrez Zamora-Boca de Lima Km 2.5 Gutiérrez Zamora, Veracruz, México, Tel.: 7668451952, correo electrónico: 18610112@utgz.edu.mx

**KEYWORDS**

Wastewater; coffee processing; biorreactor; biofilm.

**Abstract**

*Coffee is considered one of the main raw materials with the greatest economic follow-up worldwide, in Mexico it represents one of the main industrial crops, especially in the states of Oaxaca, Chiapas and Veracruz. In the coffee processing company located in Huatusco Veracruz, the water is used as a service for the washing process whose objective is to remove the organic matter of the fruit to obtain the coffee seed with which a residual water is generated. called coffee processing wastewater. According to Limón *et al.*, (2021), wastewater has a high biodegradability index, so the use of a biological treatment can be viable for wastewater treatment, as has been shown by Hernández *et al.*, (2021) who applied a biofilter for depuration.*

*For this reason, the purpose of this project was to evaluate the depuration of wastewater from coffee processing through the use of a bio-packed bed reactor. An experimental design 2<sup>2</sup> with two variables and two levels was carried out: biofilm maturation time (24 h and 48 h) and aeration (presence or absence). The developed methodology consisted of 5 steps that are the experimental design, the activation and adaptation of the strain, biofilm formation, construction of the packed bed reactor, wastewater characterization and statistical analysis of results. It was found that the 24-hour treatment with aeration and the 48-hour treatment without aeration yield removals greater than 95 %, which indicates that there are two alternatives for water treatment, however, due to the energy costs generated in the process of aeration, the second treatment can be considered more viable.*

**Introducción**

El café es considerado como una de las principales materias primas con mayor seguimiento económico a nivel mundial; en México representa uno de los principales cultivos industriales, especialmente en los estados de Oaxaca, Chiapas y Veracruz (Vichi, 2015; Alfonse *et al.*, 2018). Su proceso de producción puede ser obtenido mediante el beneficio seco y el beneficio húmedo. Este último es ampliamente utilizado debido a que es un método rápido en comparación con el anterior. Sin embargo, su desventaja principal, es el alto consumo de agua que necesita, así como las grandes cantidades de agua residual que se generan, las cuales son descargadas en los suelos y cuerpos de agua con poco o nulo tratamiento (Vázquez, 2016).

Estas aguas residuales o aguas mieles son de color marrón e inicialmente presentan un olor similar a miel, el cual se va modificando con el paso de los días. La naturaleza físicoquímica del agua residual consta de un pH ácido, con niveles deficientes de oxígeno disuelto y altas cargas de materia orgánica (pectinas hidrolizadas, proteínas, carbohidratos, fibras, grasas, cafeína, polifenoles, nitratos, amonio, ácidos tánicos) y altos niveles de materia orgánica soluble que se traducen en una Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y una Demanda Química de Oxígeno (DQO) elevadas (Villanueva, 2014; Sujatha, 2020; Hernández, 2021). Esto representa un impacto ambiental negativo, puesto que, existe un mayor

riesgo de modificación en la acidez natural de los cuerpos de agua receptores, así como un menor rendimiento de los suelos por la alteración de la microbiota a causa de los ácidos orgánicos que se producen en la descomposición de la materia presente (Cruz-Salomón *et al.*, 2017).

Por este motivo, es necesaria la implementación de sistemas de tratamiento que permitan la depuración adecuada de dicha agua residual. Los reactores de biopelícula representan una tecnología atractiva con altas capacidades de carga de biomasa concentrada, resistencia a las sobrecargas hidráulicas u orgánicas con ningún requisito de mezcla mecánica; logrando reducir los tiempos de puesta en marcha y aumentar las tasas de carga orgánica hasta cinco veces más (Pérez, 2017). La biopelícula es una asociación de células microbianas que generalmente construyen y viven en conglomerados o comunidades celulares, los cuales por acción físicoquímica retienen contaminación orgánica y se alimentan de ella. Estas bacterias se agrupan en colonias con el fin de buscar protección frente posibles condiciones adversas, así los microorganismos tenderán a unirse entre sí, siendo capaces de adherirse a superficies como tuberías de PVC, tejidos vivos, accesorios metálicos, polímeros plásticos, entre otros (Larico y huaynacho, 2021; Jiménez-Pichardo, 2021; Wickens, 2014 ). El presente trabajo se realizó con el objetivo de evaluar la depuración de agua residual de beneficio de café mediante el uso de un reactor de lecho empacado.

## Material y métodos

El presente trabajo fue realizado en el laboratorio de química de la Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora durante el periodo enero-abril de 2022, el cual consistió de los siguientes pasos.

## Diseño experimental

Se empleó un diseño factorial completo  $2^2$  con dos variables y dos niveles, la primera variable corresponde al tiempo de maduración de la levadura con valores de 24 h y 48 h para evaluar la formación de la biopelícula y la segunda variable a la aireación, con valores de 0 (ausencia) y 1 (presencia) con el fin de medir las eficiencias de remoción. Cabe resaltar que las experimentaciones se realizaron por triplicado.

## Activación y adaptación de la cepa

Para la activación de la levadura se siguió la metodología marcada por Hernández *et al.* (2021), en un vaso de precipitado de 1 L se agregó 100 g de levadura seca (*Saccharomyces cerevisiae*) con 50 g de sacarosa, se añadió 1 L de agua a 30 °C. La adaptación de la cepa se llevó a cabo durante 3 días agregando diluciones de agua residual en concentraciones de 25 %, 50 % y 75 %.

## Formación de la biopelícula

En el último día de maduración se vertió la biomasa en los canutillos cerámicos, los cuales fueron previamente lavados y acomodados en charolas de aluminio, para así comenzar con el proceso de formación de la biopelícula en los tiempos marcados por el diseño experimental, 24 h y 48 h respectivamente.

## Construcción del reactor de lecho empacado

Los reactores consistieron de 6 recipientes de polietileno de alta densidad, de los cuales tres fueron adaptados con un sistema de difusión de aire para cumplir con las variables de aireación marcadas. Enseguida a cada reactor se le colocaron 500 g de canutillo con la biopelícula ya formada, para posteriormente verter el agua residual y de esta manera comenzar con el proceso de experimentación.

## Caracterización del agua residual

Cada 24 horas se tomaron muestras de agua de los reactores y se caracterizaron. Se utilizaron 100 mL de agua residual en donde se sumergió un potenciómetro portátil marca HANNA® Instruments modelo 98129 previamente calibrado con soluciones patrón de 20 mL de pH de 4.1 y 7.1 y conductividad de 1413 mS/cm y se cuantificaron los parámetros: temperatura, pH, sólidos disueltos totales y conductividad eléctrica. De igual forma se realizó la cuantificación de sólidos suspendidos totales por gravimetría.

## Análisis de resultados

Una vez obtenidos los resultados de la experimentación se procedió a analizarlos con ayuda del software Microsoft Excel y el programa SAS JMP STATISTICAL V.8.0, donde se calcularon los promedios, desviaciones estándar, así como la realización de gráficos de comportamiento, de regresión, análisis de varianza (ANOVA) de mediciones en el tiempo y pruebas de Tukey-Kramer considerando como valor  $p \leq 0.05$ .

## Resultados

En la tabla 1 se pueden apreciar los valores de la caracterización inicial del agua residual de beneficio de café.

Tabla 1. Valores de la caracterización de agua residual

Parámetro	Valor
Temperatura (°C)	17.07 ± 0.45
pH	4.21 ± 0.02
TDS (ppm)	212.6 ± 0.58
Conductividad (µS/cm)	425.33 ± 0.58

Comparando los resultados obtenidos con los de Hernández *et al.*, (2021); Sujatha *et al.*, (2020) y Rattan *et al.*, (2015), se puede mencionar que los valores de pH, conductividad eléctrica y TDS son similares o cercanos entre sí. Teniendo valores de 4 a 4.5 para pH, 220 µS/cm a 993 µS/cm para conductividad eléctrica y valores

entre 267 mg/L a 995 mg/L para TDS. Lo siguiente fue realizar un gráfico de regresión (figura 1) comparando los porcentajes de remoción obtenidos después de 6 días de tratamiento.

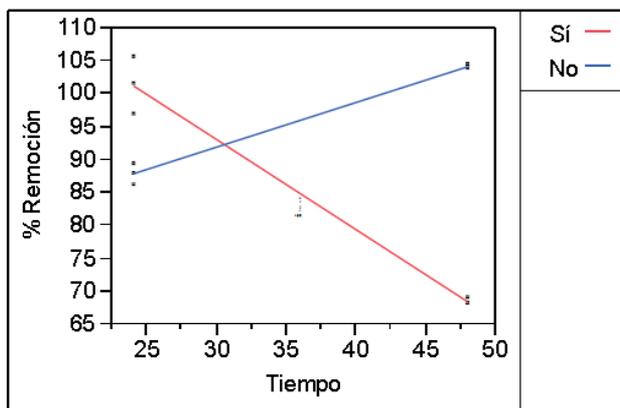


Figura 1. Gráfica de regresión del porcentaje de remoción de acuerdo a Si (presencia de O<sub>2</sub>), No (ausencia de O<sub>2</sub>)

En la figura 1 se presenta una comparación entre el tiempo de maduración de la cepa (24 h y 48 h) y la presencia o ausencia de oxígeno (sí y no) después de 6 días de operación. Al analizar el comportamiento de la gráfica se puede deducir que a un tiempo de 24 horas en ausencia de oxígeno los porcentajes de depuración son bajos (menor al 90 %), los cuales aumentan si el tiempo de maduración se incrementa a 48 horas.

Posteriormente a un tiempo de 24 horas con aireación se obtienen porcentajes mayores al 90 %, mismos que descienden hasta menos del 80 % cuando el tiempo de maduración es largo. Por otra parte, observando el valor p, tanto general como el de la interacción Tiempo\*Aire, se aprecia que son estadísticamente significativos, es decir que ningún tratamiento es igual entre sí. Por otra parte, la R<sup>2</sup> ajustada fue de 0.9754 lo que indica un buen ajuste en los datos y por ende la variable respuesta no fue afectada.

Con base en la figura 1, se determinó que el tratamiento con aire a 24 horas es el mejor, debido a que en un corto tiempo de maduración de la cepa se obtienen altas remociones al igual que si se tuviera un tiempo de maduración de 48 horas. Seguido de esto se realizó una gráfica de comportamiento para determinar estadísticamente qué tan diferentes o iguales son los tratamientos a 24 horas con y sin aireación.

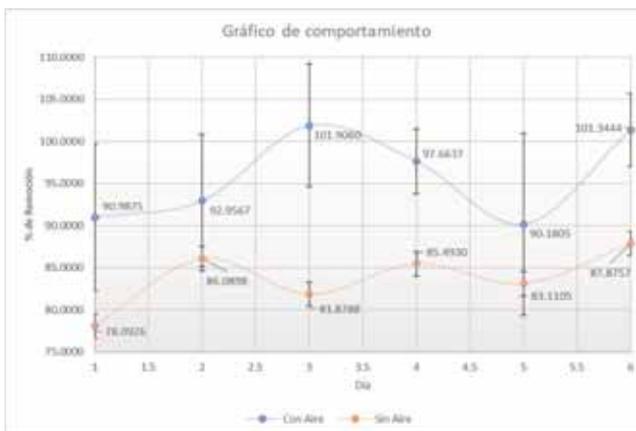


Figura 2. Comportamiento de la remoción de contaminante a 24 y 48 horas con aireación

Observando la figura 2 se puede determinar que ambos tratamientos desde el día 1 ya presentaban remociones por encima del 75 %, posteriormente estos fueron variando conforme los días, pero al final de la experimentación no hubo una diferencia de remoción elevada.

Tabla 2. Tabla de porcentajes de remoción para el tratamiento a 24 h aerobio y anaerobio

Día	Porcentaje de remoción	
	Aerobio	Anaerobio
3	101.91 ± 8.75a	81.88 ± 4.53b
6	101.34 ± 7.85a	87.88 ± 8.36ab
4	97.66 ± 7.28a	85.49 ± 9.56ab
2	92.96 ± 3.88a	86.09 ± 3.87ab
1	90.99 ± 10.78a	78.09 ± 1.49b
5	90.18 ± 4.35a	83.11 ± 4.47ab

\*Valores con letras diferentes representan diferencia estadística significativa (p ≤ 0.05)

De acuerdo con la tabla 2, a 24 horas de formación de la biopelícula las remociones de materia contaminante son estadísticamente iguales entre sí a lo largo del tiempo, ya sea un proceso aerobio o anaerobio, puesto que, desde el día 1 al 6, el promedio de remoción es similar entre los tratamientos correspondientes al mismo tipo de proceso. Sin embargo, existe una

diferencia estadística significativa entre los resultados máximos obtenidos al tercer día, donde se indica que el mejor tratamiento es a 24 horas con aireación y un tiempo de remoción de 3 días.

## Discusión

De acuerdo con las características fisicoquímicas obtenidas el agua residual es altamente contaminante, sobre todo por el valor de pH que presenta, el cual indica que es muy ácida. Analizando los porcentajes de remoción después de 6 días de operación se observa que estos tienden a aumentar o decrecer de acuerdo con el tiempo de formación de la biopelícula y la presencia o ausencia de aire, donde las dos experimentaciones con mejores resultados fueron a 24 horas de formación de la biopelícula con aireación y a 48 horas sin aireación. Determinar cuál es el más viable dependerá del nivel de carga contaminante que se requerirá depurar, las dimensiones del reactor, el tiempo de maduración de la cepa y el consumo energético del equipo aireador en caso de ser necesaria la entrada de aire. De acuerdo con los resultados anteriores, a 24 horas con presencia de aire, se obtienen resultados viables, si bien la presencia de un aireador representa un costo energético, con la prueba de Tukey-Kramer fue posible determinar el día donde se obtienen mayores porcentajes de depuración. Encontrando que para el proceso con aireación la mayor remoción se encuentra al tercer día, teniendo una diferencia significativa cercana al 20 % en el proceso anaerobio. Cabe mencionar que se consideró al agua corriente utilizada en el proceso como el estándar de depuración, sin embargo esta agua inicialmente presentaba una ligera contaminación por compuestos orgánicos y por ello se visualiza que el porcentaje de remoción puede ser superior al 100 % en algunos casos a causa de que el agua tratada al final quedó más limpia que el agua original.

## Conclusiones

Pese a que los resultados estadísticos son relativamente iguales en tiempos de remoción conforme a los días de operación, el tratamiento a 24 horas con aireación durante un lapso de tres días, resultó ser la mejor opción, puesto que obtuvo un porcentaje de remoción cercano al 100 % y por tal motivo es altamente viable, ya que solo se necesitan de un tiempo de 24 horas para la formación de la biopelícula e inmediatamente de esto se pone a trabajar durante

tres días para así depurar el agua en su totalidad. Además, el agua tratada cumple la normatividad NOM-001-SEMARNAT-1996 por lo que su descarga puede darse sin mayor impacto ambiental, lo cual establece un compromiso por el beneficio de café con la sustentabilidad.

## Contribución de los autores

JEGV, trabajo experimental y redacción.

RALH, diseño, recolección de datos y redacción.

IHM, diseño experimental, análisis de resultados y redacción.

VLH, recolección de datos, análisis de resultados y redacción.

MMJL, diseño experimental y análisis de resultados.

BADG, diseño y recolección de datos

## Financiamiento

Ninguno.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Presentaciones previas

Ninguna.

## Referencias

1. Alfonse, A., Trejo, J. y Martínez, M. (2018). Opción climática para la producción de café en México. *Revista de economía*, 37(2), 135-154.
2. Alemayehu, Y., Asfaw, S., y Tirfie, T. (2020). Management options for coffee processing wastewater. A review. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 22(2), 454-469.
3. Arriel, J., Batista, P., Silva, M., dos Santos, C., y Duarte, A. (2016). Enzymatic oxidation of phenolic compounds in coffee processing wastewater. *Water Science and Technology*, 73(1), 39-50.
4. Cruz, A., Ríos, E., Pola, F., Lagunas, S., Meza, R. y Ruíz, V. (2017). Evaluation of hydraulic

- retention time on treatment of coffee processing wastewater (CPWW) in EGSB bioreactor. *Sustainability*, 10(1), 83-87.
5. Duque, P., Heras, C., Lojano, D., y Vilorio, T. (2018). Modelamiento del tratamiento biológico de aguas residuales; estudio en planta piloto de contactores biológicos rotatorios. *CIENCIA UNEMI*, 11(28), 88-96.
  6. Fereja, W., Tagesse, W., y Benti, G. (2020). Treatment of coffee processing wastewater using *Moringa stenopetala* seed powder: Removal of turbidity and chemical oxygen demand. *Cogent Food & Agriculture*, 6(1), 18-25.
  7. Hernández, B. (2021). Evaluación del impacto de las aguas residuales de un beneficio de café en Xicotepec, Puebla [tesis de licenciatura]. Benemérita Universidad de Puebla.
  8. Hernández, I., Santiago, C., Limón, R. y López, V. (2021). Tratamiento de agua residual de beneficio de café mediante un biofiltro de bajo costo. *Ingenierías*, 8(1), 60-66.
  9. Hernández, J. y Aranda, J. (2011). La biosíntesis de trehalosa en *Saccharomyces cerevisiae* aspectos generales y modelación metabólica. *BioTecnología*, 15(3), 19-34.
  10. Jiménez, R., Hernández, I., Regalado, C., Santos, J., Meas, Y., Wachter, M. y García, B. (2021). Innovative Control of Biofilms on Stainless Steel Surfaces Using Electrolyzed Water in the Dairy Industry. *Foods*, 10(1), 103.
  11. Larico, M. y Huaynacho, R. (2021). Diseño y construcción de un reactor de biopelícula adherida a carriers en lecho fluidizado con coagulación para la evaluación de su rendimiento en la remoción de DBO5 y DQO en aguas residuales domésticas del distrito de Mollendo-Islay [Tesis de licenciatura]. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
  12. Limón, R., López, V., Hernández, I., Aguilar, F., García, J. y Cano, M. (2021). Evaluación de la biodegradabilidad de agua residual procedente del proceso de beneficio húmedo del café. *Ciencia y Tecnología para el campo mexicano: Retos y oportunidades (1782-1791)*. México: INIFAP.
  13. Navia, P., Villada, S. y Mosquera, A. (2010). Las biopelículas en la industria de alimentos. *Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial*, 8(2), 118-128.
  14. Pérez, O., Alvarado, A., y Vallejo, N. (2017). Evaluación del desempeño de un reactor de biopelícula a escala piloto en el proceso de conversión de RSOM en bioenergéticos [Tesis doctoral]. Instituto Tecnológico de Orizaba.
  15. Rattan, S., Parande, A., Nagaraju, V., y Ghiwari, G. (2015). A comprehensive review on utilization of wastewater from coffee processing. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(9), 6461-6472.
  16. Sujatha, G., Shanthakumar, S., y Chiampo, F. (2020). UV light-irradiated photocatalytic degradation of coffee processing wastewater using TiO<sub>2</sub> as a catalyst. *Environments*, 7(6), 47-54.
  17. Vázquez, G. (2016). Efectos del proceso de beneficio húmedo de café sobre la sostenibilidad hídrica de la microcuenca la Suiza, Chiapas [Tesis de licenciatura]. El Colegio de la Frontera Norte.
  18. Vichi, F. (2015). La producción de café en México: ventana de oportunidad para el sector agrícola de Chiapas. *Espacio I+ D, innovación más desarrollo*, 4(7), 174-194.
  19. Villanueva, M., Bello, R., Wareham, D., Ruiz, E., y Maya, M. (2014). Discoloration and organic matter removal from coffee wastewater by electrochemical advanced oxidation processes. *Water, Air, and Soil Pollution*, 225(12), 1-11.
  20. Wickens, D.; Lynch, S.; West, G.; Kelly, P.; Verran, J.; Whitehead, K. (2014). Quantifying the pattern of microbial cell dispersion, density and clustering on surfaces of differing chemistries and topographies using multifractal analysis. *J. Microbiol*, 1(4), 101-108.



## ARTÍCULO ORIGINAL

## ***Trichoderma* spp, *Bacillus subtilis* y Peróxido de hidrógeno para control de *Phytophthora* spp en limón “persa” (*Citrus latifolia*)**

**Luis Felipe Juárez-Santillán<sup>1\*</sup>, Juan Pablo Reyes-Gómez<sup>1</sup>, Juan Rechy-Rangel<sup>1</sup>, José de Jesús López-Ceballos, Jocabel Extocapan-Molina y Sandra Noemí Cortés-Cortés<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup>Ingeniería en Agrobiotecnología, Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, Campus Gutiérrez Zamora, Veracruz, México.

Fecha de recepción: 24 de junio de 2022; fecha de aceptación del artículo: 08 de julio de 2022.

### PALABRAS CLAVE

Gomosis, control biológico, hongos antagonicos.

### Resumen

*Phytophthora* spp, es un vector que provoca una enfermedad conocida como “gomosis” en diversos frutos. En varias regiones del estado de Veracruz se produce limón, con el avance del tiempo se ha ido infectando por la enfermedad mencionada, causada por *Phytophthora* spp. Es por ello que el objetivo principal de este trabajo es determinar si *Trichoderma* spp, *Bacillus subtilis* o H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, funcionan como agente de control. Se desarrollaron cuatro tratamientos (*Trichoderma* al 5 %, 10 % y 15 %; *Bacillus subtilis* al 5 %, 10 % y 15 %; mezcla de *Trichoderma* spp y *Bacillus subtilis* al 2.5 %:2.5 %, 5 %:5 %, 7.5 %:7.5 % respectivamente; y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> al 5 %, 10 % y 15 %) más un control. Los principales resultados indican que la mezcla de *Trichoderma* spp y *Bacillus subtilis*, no presentan buenos resultados ante el control de *Phytophthora* spp; mientras que las dosis de 10 % y 15 % tanto de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> como de *Trichoderma* spp, fueron las que presentaron mayor eficiencia ante gomosis, ya que hubo un buen desarrollo de raíz y hoja, además de la aparición de nuevos brotes en la planta; en el tratamiento control, la raíz de las plantas presentaron pudrición y poco follaje. Estos resultados sugieren que *Trichoderma* spp y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, son adecuados para el control de *Phytophthora* spp, a nivel foliar y radicular respectivamente. La mezcla de un agente químico inocuo al medio ambiente y un agente biológico resultan prometedores para el control de enfermedades en limón “persa”.

<https://doi.org/10.56382/tdis.rem.cid.2022.1.1.7.14>

Correspondencia: Luis Felipe Juárez-Santillán. Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, Área académica de Agrobiotecnología, Campus Gutiérrez Zamora, Carretera Gutiérrez Zamora-Boca de Lima Km 2.5 Gutiérrez Zamora, Veracruz, México, Tel.: 7668451952, correo electrónico: [luis.santillan@utgz.edu.mx](mailto:luis.santillan@utgz.edu.mx)

**KEYWORDS**

Gummosis, biological control, antagonistic fungi

**Abstract**

*Phytophthora* spp. is a vector that causes a disease known as “gummosis” in various fruits. In several regions of the state of Veracruz Lemon is produced, with the advance of the time it has been infected by the mentioned disease, caused by *Phytophthora* spp. That is why the main objective of this work is to determine if *Trichoderma* spp, *Bacillus subtilis* or  $H_2O_2$ , work as control agent. Four treatments were developed (*Trichoderma* at 5 %, 10 % and 15 %; *Bacillus subtilis* at 5 %, 10 % and 15 %; mixture of *Trichoderma* spp and *Bacillus subtilis* at 2.5 %:2.5 %, 5 %:5 %, 7.5 %:7.5 % respectively; and  $H_2O_2$  at 5 %, 10 % and 15 %) plus a control. The main results indicate that the mixture of *Trichoderma* spp and *Bacillus subtilis*, do not present good results before the control of *Phytophthora* spp; while the doses of 10 % and 15 % of both  $H_2O_2$  and *Trichoderma* spp, were those that presented greater efficiency before gummosis, since there was a good development of root and leaf, besides the appearance of new buds in the plant; in the control treatment, the root of the plants presented rot and little foliage. These results suggest that *Trichoderma* spp and  $H_2O_2$ , are suitable for the control of *Phytophthora* spp, at foliar and root level respectively. The mixture of a chemical agent innocuous to the environment and a biological agent are promising for the control of diseases in “Persian” lemon.

**Introducción**

El control biológico representa un reto importante para la agricultura. El uso de microorganismos, así como de agentes químicos que no dañen al ambiente, resultan de gran interés para el campo agrícola. Los cítricos en general presentan un problema debido a una enfermedad conocida comúnmente como “gomosis”; para su control, se han investigado cepas del género *Trichoderma* sobre *Phytophthora* spp, agente causal de la “gomosis”.

Algunas especies de bacterias tales como: *Bacillus cereus* y hongos como *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride*, han sido empleadas en el control biológico de enfermedades (Huang *et al.*, 2010). *Trichoderma* spp juega un papel importante en control biológico en infección de cultivos, así como para la remediación del suelo, ya que *Trichoderma* entra en simbiosis con las raíces de plantas (Martínez-Medina *et al.*, 2016). Las especies de *Trichoderma* han presentado buenos resultados en el control de patógenos, así como en el crecimiento de plantas bajo estrés biótico y abiótico; se ha empleado también como biofertilizante, bioplaguicida (Chen *et al.*, 2020). *Bacillus subtilis* tiene capacidad para producir una variedad de moléculas, que presentan propiedades antifúngicas, las cuales presentan una baja toxicidad y alta biodegradabilidad. Además, produce antibióticos muy efectivos contra los hongos y cuando se instala en las raíces y hojas, induce la producción de fitoalexinas,

que confieren resistencia al ataque de hongos y nematodos patógenos. Esta es una característica importante, ya que, tiene muchas ventajas en comparación con los fungicidas químicos, al no ser tóxico para humanos, animales y plantas, además, no constituye un contaminante ambiental (Nagua-Ortega, 2016).

El peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ), se ha empleado como agente desinfectante, ya que no produce subproductos nocivos (Eicher-Sodo, 2020).  $H_2O_2$  a elevadas concentraciones induce daño oxidativo, sin embargo, a concentraciones en el rango de nano-molar actúa como una molécula de señalización y en muchos aspectos se parece a las fitohormonas (Martin *et al.*, 2018).

El  $H_2O_2$  representa una molécula de señalización clave, que conecta las vías de señalización múltiple de fitohormonas y actúa como un segundo mensajero en respuesta a diversas condiciones que modulan el crecimiento y desarrollo de las plantas. Se considera como un regulador del crecimiento (Fitohormona putativa). El  $H_2O_2$ , se produce y degrada por las plantas en respuesta a estímulos y es percibido por proteínas especializadas y provoca una respuesta a concentraciones bajas. Sin embargo, el factor limitante es su transporte, aunque se puede transportar fácilmente dentro de una sola célula y exportarse al espacio extracelular, no se cree que pueda servir como una señal de larga distancia debido a su baja estabilidad y la presencia de captadores de  $H_2O_2$ . El  $H_2O_2$  es un mediador versátil de la comunicación molecular en las plantas y si se clasifica como una fitohormona, esto no cambia su

actividad en las plantas. Por su alto poder oxidante también puede ser empleado como agente para el control de hongo y algunas plagas (Martin *et al.*, 2018).

El presente trabajo se desarrolló en las instalaciones de la Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, se tuvo como objetivo evaluar a *Trichoderma* spp, *Bacillus subtilis* y  $H_2O_2$ , para el control de *Phytophthora* spp en limón persa. Los resultados de esta investigación servirán para proponer un tratamiento eficiente para el control de “gomosis”.

## Material y métodos

Para el desarrollo del experimento se utilizó una cepa de *Bacillus subtilis* y una de *Trichoderma* spp, aisladas del suelo de un cultivo de limón persa en la localidad de Pital perteneciente al municipio de San Rafael, Veracruz. El experimento consistió en cuatro tratamientos más un control: 1) *Bacillus subtilis*, 2) *Trichoderma*, 3) *Bacillus subtilis* con *Trichoderma* spp y 4)  $H_2O_2$ . El cultivo empleado fue limón persa (*Citrus latifolia*) (diagrama 1).

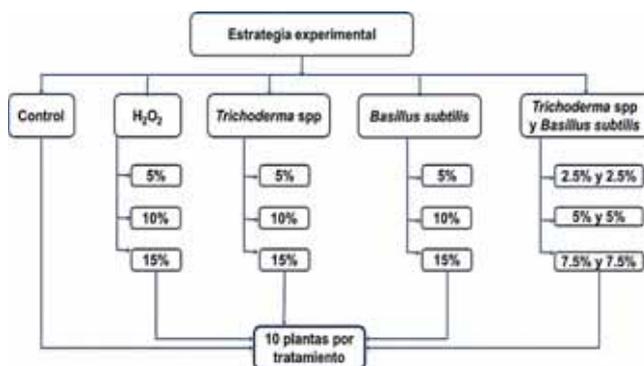


Diagrama 1. Estrategia experimental

El  $H_2O_2$  empleado fue grado farmacéutico al 3 %, de *Trichoderma* spp se partió de una solución de  $10^6$  conidios/ml y de *Bacillus subtilis* se empleó una solución de  $10^8$  cel/ml. Las concentraciones del diagrama 1, fueron preparadas volumen/volumen, empleando agua purificada.

Cada tratamiento se realizó con 10 plantas. Las aplicaciones se realizaron cada 15 días, a nivel foliar y radicular, durante tres meses. La cantidad de cada solución empleada a nivel radicular y foliar fue de 20 ml de cada solución.

Las evaluaciones que se hicieron fueron visuales, se enfocaron en observar el estado de raíz y coloración de hojas.

## Resultados

En la imagen 1, se pueden ver las plantas control, las cuales no desarrollaron follaje y se ve un daño muy marcado por la presencia de hongos en raíz.



Imagen 1. Tratamiento control hoja y raíz

En la imagen 2, se presentan los tres tratamientos con *Bacillus subtilis*, se puede observar que el mejor tratamiento es del 15 %, ya que en este no aparece tanto amarillamiento de hoja ni necrosis y manchas de la misma, en comparación con los otros dos.



Imagen 2. Tratamientos a nivel foliar con *Bacillus subtilis*: A) 5 %, B) 10 %, C) 15 %

En la imagen 3, se observan las raíces de las plantas de limón al final del experimento, el mejor desarrollo de raíz se observa en el tratamiento de 10 % de *Bacillus subtilis*, en los tres se ven espacios en donde la raíz no se desarrolló bien.

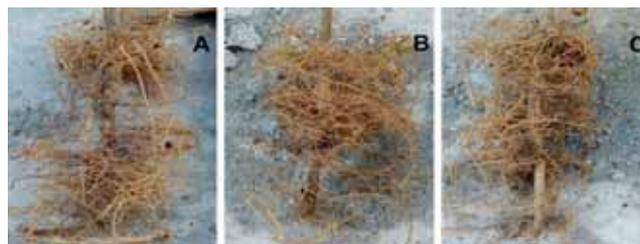


Imagen 3. Tratamientos a nivel radicular con *Bacillus subtilis*: A) 5 %, B) 10 %, C) 15 %

En la imagen 4, se observa que los tres tratamientos del *Trichoderma* spp mostraron una mejoría, pero se nota el cambio del tratamiento de 10 % y 15 % sobre el de 5 %. Por el verde oscuro que muestra el 10 % se puede decir que es el que dio mejores resultados.



Imagen 4. Tratamientos a nivel foliar con *Trichoderma* spp: A) 5 %, B) 10 %, C) 15 %

En la imagen 5, se muestran la raíz de cada uno de los tratamientos de *Trichoderma* spp. Los señalados con rojo son los que muestran los mejores resultados; el 10 % presenta levemente mejor raíz que la de 15 %, pero si se presta atención en el tercer tratamiento, esas raíces blanquecinas son nuevas, lo que significa que dentro de pocos días está producirá mejor zona radicular.

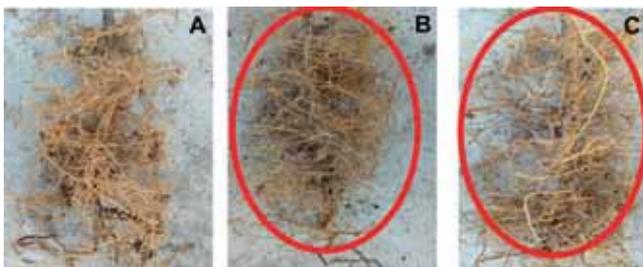


Imagen 5. Tratamientos a nivel radicular con *Trichoderma* spp: A) 5 %, B) 10 %, C) 15 %

En la imagen 6, se presenta el tratamiento combinado de *Bacillus subtilis* y *Trichoderma* spp en la zona del follaje. No se distingue cambio alguno entre cada tratamiento en cuanto a coloración de follaje.



Imagen 6. Tratamientos a nivel foliar con *Trichoderma* spp y *Bacillus subtilis*: A) 5 %, B) 10 %, C) 15 %

En la imagen 7, se presenta el tratamiento combinado de *Bacillus subtilis* y *Trichoderma* spp en la zona radicular. Si bien, en los tres tratamientos no se ve un aparente daño, el desarrollo radicular es menor en comparación con los tratamientos de *Trichoderma* spp y  $H_2O_2$ . Entre estos tres tratamientos, se puede observar que el que presentó el mejor desarrollo radicular es el de 10 %.

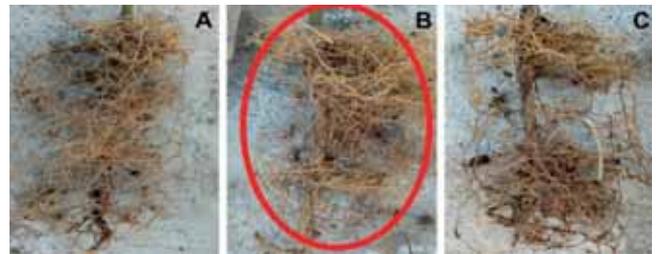


Imagen 7. Tratamientos a nivel radicular con *Trichoderma* spp y *Bacillus subtilis*: A) 5 %, B) 10 %, C) 15 %

En la imagen 8, se presenta el resultado de los tratamientos a nivel foliar del  $H_2O_2$ . Este tratamiento fue uno de los mejores, las tres diferentes dosis mostraron buenos resultados y la coloración en el follaje mejoró en los tres. El tratamiento del 15 % fue el mejor, presentando buena apariencia e incluso mayor cantidad brotes nuevos.



Imagen 8. Tratamientos a nivel foliar con  $H_2O_2$ : A) 5 %, B) 10 %, C) 15 %

En la imagen 9, se muestran las raíces de cada uno de los tratamientos a base de  $H_2O_2$ . El tratamiento del 10 % mostró una mayor cantidad de raíz. La raíz del 5 % muestra mejoría, pero sigue siendo menor a los otros tratamientos.

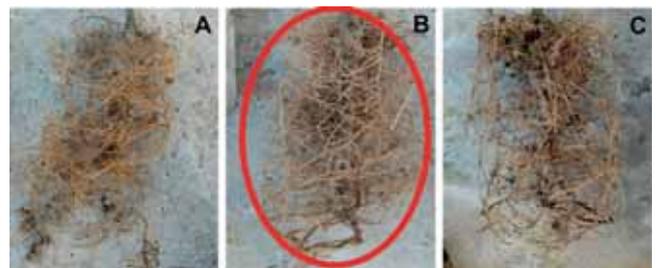


Imagen 9. Tratamientos a nivel radicular con  $H_2O_2$ : A) 5 %, B) 10 %, C) 15 %

En la imagen 10, se compara la raíz de cada uno de los tratamientos. Se nota escasez y necrosis en la raíz del control. Además, se observa que los tratamientos diferentes al control funcionaron, pero es muy notoria la mejoría con *Trichoderma* spp y del H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.



Imagen10. Comparativo de raíces con los diferentes tratamientos al 10 %

## Discusión

Se ha notado que en el cultivo de limón persa se realizan podas intensas como parte del manejo del cultivo, y esto favorece la incidencia de gomosis, por lo que es necesario proteger a los árboles inmediatamente después de realizar la poda.

Leyva-Mir *et al.*, (2021), trabajaron en el control de *Lasiodiplodia* con *Trichoderma*, encontrando que no tuvo un buen control, lo cual pudo deberse a que se aplicó de forma foliar y en condiciones poco favorables (Harman *et al.*, 2004; Infante *et al.*, 2009; Martínez *et al.*, 2013). Estos resultados son un tanto contrarios a los obtenidos en este trabajo, ya que en este caso con los tratamientos empleados el control de gomosis a nivel foliar fue favorable. Esto indica que *Trichoderma* spp es adecuado para gomosis y no así para *Lasiodiplodia*. Algunos estudios en limón persa y tangerina indicaron que *Trichoderma* spp., puede tener un efecto similar que el metil tiofanato para controlar la pudrición de la raíz ocasionada por *Fusarium* (El-Mohamedy *et al.*, 2013). En estudios realizados *in vitro*, Bhadra *et al.* (2015), reportaron alta efectividad de *T. viridae* en el control de *Lasiodiplodia theobromae*. Considerando los resultados obtenidos en estos experimentos, sí se recomendaría el uso de *Trichoderma* para el control de gomosis y algunas otras enfermedades que pudieran presentar los cítricos. Por lo que estos resultados son consistentes con los obtenidos en este trabajo en cuanto a *Trichoderma* spp.

El H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> es un agente oxidante, con la característica de que los subproductos generados son sólo agua y

oxígeno (inocuos al medio ambiente). También, tiene un gran efecto sobre el desarrollo de plantas, ayuda en la germinación de semillas, además disminuye la virulencia de patógenos y la expresión de síntomas de enfermedades en plantas (Siti *et al.*, 2015). Se ha detectado que una cantidad adecuada de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> para cada planta favorece el contenido de K<sup>+</sup>, antocianina y caroteno, flavonoide, contenido de fenol y proteínas solubles, fosfato de sacarosa Sintasa (SPS), fenilalanina amoniacal liasa (PAL) y las actividades antioxidantes en las frutas tratadas aumentan (Siti *et al.*, 2015). Bajo esta información, se confirman los resultados positivos aquí obtenidos, ya que el H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> favoreció el desarrollo radicular e inhibió a *Phytophthora* spp, se vio una mayor vigorosidad en la parte foliar y la presencia de brotes se vio favorecida.

El principal cuidado que se debe tener con el H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> al ser empleado en plantas es la concentración, ya que ciertas concentraciones, este puede causar un daño oxidativo, es por ello que la cantidad que se emplee en plantas debe estar en el rango de nano-molar, debido a su elevado poder oxidante (Cheeseman, 2007). Las concentraciones empleadas en este trabajo no causaron algún estrés en las plantas, sino todo lo contrario, las tres favorecieron el desarrollo radicular y vigorosidad foliar.

Al momento de emplear la combinación de *Bacillus subtilis* y *Trichoderma* spp (Bacteria-hongo), lo que está ocurriendo es una competitividad entre ellos o posiblemente la secreción de sustancias que hacen, son nocivas entre ellos y por lo tanto su actividad que podría ser favorable para la planta, se ve inhibida. En este sentido los estudios para utilizar microorganismos en conjunto deben seguir siendo analizados.

El control biológico muestra una eficacia de 45 % con aplicaciones de *Trichoderma* al tallo de cítricos en intervalos de 21 días durante un año (Adedeji *et al.*, 2010). El el uso de patrones para injerto resistentes como *Citrange troyer*, *Citrange carrizo*, *Swingle citrumelo* CPB 4475, *Poncirus trifoliata* y *Citrus aurantium* representan una buena opción para el combate de patógenos (Lucas y Beltrán, 2004).

La aplicación de microorganismos benéficos (*Trichoderma*, *Bacillus subtilis*) han demostrado efectividad hasta 80 %. Actualmente el uso del control biológico para *Colletotrichum* spp en distintos hospederos ha ido en aumento, se ha utilizado aplicaciones de algunos microorganismos antagónicos como *Rodhotorula minuta*, *Bacillus* spp. y *Trichoderma* spp. (Ryu *et al.*, 2014; Vos *et al.*, 2014) estas aplicaciones se han alternado con un manejo Bio-racional lo cual ha tenido buen resultado, también, se han implementado algunos extractos de flores de brócoli (*Brassica*

*oleracea* var. *Itálica*), raíces de tomillo (*Gliricida sepium*) y extracto de semillas de papaya (*Carica papaya*). El uso del control biológico puede ayudar en la prevención de lesiones en los hospederos (Dowling *et al.*, 2020; Hyden *et al.*, 2009; Landero-Valenzuela *et al.*, 2017; Yoshida *et al.*, 2002). Sin embargo, es necesario hacer más estudios sobre los mecanismos de biocontrol que ejercen estos organismos ante *Phytophthora* spp, ya que año con año ha ido en aumento la enfermedad de gomosis en cítricos generada por este vector.

## Conclusiones

De forma general tanto *Trichoderma*, *Bacillus* y  $H_2O_2$ , presentan efectos favorables para el control de *Phytophthora* spp; pero los que mejor resultado presentan son el  $H_2O_2$  a nivel radicular y *Trichoderma* a nivel foliar. Por lo que es muy recomendable el uso de  $H_2O_2$  para mejorar raíz y controlar *Phytophthora* en este órgano, mientras que a nivel foliar los mejores resultados se tuvieron con *Trichoderma* spp. Tanto *Trichoderma* como  $H_2O_2$ , presentaron los mejores resultados con la dosis de 10 %.

## Contribución de los autores

LFJS, diseño del trabajo y redacción.

JRR, diseño y recolección de datos.

JPRG, diseño y recolección de datos.

JJLC, Análisis y redacción.

JEM, análisis y redacción.

SNCC, Análisis y redacción.

## Financiamiento

Ninguno.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Presentaciones previas

Ninguna.

## Referencias

1. Adedeji, A. R., Odebode, A. C., Sanusi, R. A. y Olaiya, A. O. (2010). Comparative efficacy and economic viability of *Trichoderma* strains as bio-control agents for the control of *Phytophthora* pod rot of cocoa in Nigeria. *African Research Review*. 4(3), 349-366.
2. Bhadra, M. M., Khair, A., Hossain, M. A. y Sikder, M. M. (2015). Efficacy of *Trichoderma* spp. and fungicides against *Lasiodiplodia theobromae*. Bangladesh. *Bangladesh J. Sci. Industrial Res.* 49(2), 125-130.
3. Cheeseman, J. M., (2007). Hydrogen Peroxide and Plant Stress: A Challenging Relationship. *Plant Stress* 1(1), 4-15.
4. Dowling, M. E., Peres, N. A., Villani, S. y Schnabel, G. 2020. Managing *Colletotrichum* on Fruit Crops: A “Complex” Challenge. *Plant Disease*, 104(9), 2301-2316.
5. Eicher-Sodo, M. (2020). “Hydrogen peroxide: A grower’s best friend?”. Theses and Dissertations (Comprehensive). 2215. <https://scholars.wlu.ca/etd/2215>
6. El-Mohamedy, R. S. R., Morsey, A. A. y Bakeer, A. R. T., (2013). Utilization of bio composted agricultural wastes in management of Fusarium dry root rot disease on lime (*Citrus aurantifolia* L.). Thailand. *J. Agric. Technol.* 9(5), 1215-1225.
7. Harman, G. E., Howell, C. R., Viterbo, A., Chet, I. y Lorito, M., (2004). *Trichoderma* species opportunistic, avirulent plant symbionts. London. *Nature Reviews Microbiology*. 2(1), 43-56.
8. Huang, C. J., Yang, K. H., Liu, Y. H., Lin, Y. J. y Chen, C. Y., (2010). Suppression of southern corn leaf blight by a plant growth-promoting rhizobacterium *Bacillus cereus* C1L. *Ann Appl Biol* 157, 45-53.
9. Hyde, K. D., Cai, L., McKenzie, E. H. C., Yang, Y. L., Zhang, J. Z. y Prihastuti, H. (2009). *Colletotrichum*: a catalogue of confusion. *Fungal Diversity* 39, 1-17.
10. Infante, D., Martínez, B., González, N. y Reyes, Y. (2009). Mecanismos de acción de *Trichoderma* frente a hongos fitopatógenos. Cuba. *Revista de Protección Vegetal*. 24(1), 14-21.
11. Landero-Valenzuela, N., Lara-Viveros, F., Andrade-Hoyos, P., Aguilar-Pérez, L. y Aguado-Rodríguez G., (2017). Alternativas para el control de *Colletotrichum* spp. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(5), 1189-98.

12. Leyva-Mir, S. G., Bautista-Cruz, M. A., Almaguer-Vargas, G., Colinas-León, M. T., Tovar-Pedraza, J. M. y Camacho-Tapia, M. (2021). Efectividad de fungicidas y *Trichoderma* spp. para el control de *Lasiodiplodia* spp. en huertos de limón ‘Persa’ en Veracruz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12 (2), 345-353.
13. Lucas, E. A. y Beltrán, P. C., (2004). *Phytophthora* en cítricos, un problema de difícil solución. *Vida Rural*. 56-62 pp.
14. Martin, C., Hana, H., Miroslav, B., Markéta, L. y Bretislav, B. (2018). Review Hydrogen Peroxide: Its Role in Plant Biology and Crosstalk with Signalling Networks. *Int. J. Mol. Sci.* 19, 1-30.
15. Martínez, B., Infante, D. y Reyes, Y., (2013). *Trichoderma* spp. y su función en el control de plagas en los cultivos. Cuba. *Revista Protección Vegetal*. 28(1), 1-11.
16. Martínez-Medina, A., Pozo, M. J., Cammue, B. P. y Vos, C. M., (2016). Belowground defence strategies in plants: the plant-Trichoderma dialogue below ground defence strategies in plants. Springer, New York, NY, pp 301-327.
17. Naua-Ortega, E. S., (2016). Uso de la Bacteria *Bacillus subtilis* como agente de control biológico de hongos fitopatógenos en cultivos tropicales. Tesis, Universidad Técnica de Machala. p-1.
18. Ryu, H., Park, H., Suh, D. S., Jung, G. H., Park, K. y Lee, B. D., (2014). Biological control of *Colletotrichum panacicola* on *Panax ginseng* by *Bacillus subtilis* HK-CSM-1. *Journal of Ginseng Research*, 38(3), 215-219.
19. Siti, Z. I., Mohammad, M. K., Nashriyah, M. y Amru, N. B., (2015). Effects of Hydrogen Peroxide on Growth, Development and Quality of Fruits: A Review. *J. Agron.*, 14 (4), 331-336.
20. Vos, C. M., Yang, Y., De Coninck, B. y Cammue, B. P. A., (2014). Fungal (-like) biocontrol organisms in tomato disease control. *Biological Control*, 74, 65-81.
21. Yoshida, S., Shirata, A. y Hiradate, S., (2002). Ecological Characteristics and Biological Control of MϘLberry Anthracnose. *Japan Agricultural Research Quarterly: JARQ*, 36(2), 89-95.





ARTÍCULO ORIGINAL

## Peróxido de hidrógeno y bicarbonato de sodio para control de gomosis en el cultivo de naranja Valencia

Luis Felipe Juárez-Santillán<sup>1\*</sup>, Yazmín Tejada-Tapia<sup>1</sup>, Juan Pablo Reyes-Gómez<sup>1</sup>, José de Jesús López-Ceballos<sup>1</sup>, Keren Martínez-Aguilar<sup>1</sup> y Julio Alfonso Armenta-Barrios<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, Área académica de Agrobiotecnología, Campus Gutiérrez Zamora, Carretera Gutiérrez Zamora-Boca de Lima Km 2.5 Gutiérrez Zamora, Veracruz, México, Tel.: 7668451952

Fecha de recepción: 24 de junio de 2022; fecha de aceptación del artículo: 08 de julio de 2022.

### PALABRAS CLAVE

Enfermedades en cítricos, *Phytophthora* spp, pudrición del tallo, naranja

### Resumen

La enfermedad denominada gomosis causada por *Phytophthora* spp, provoca la pérdida de plantas adultas de naranjo en el estado de Veracruz, en algunas partes del país el número de árboles muertos asciende del 3 al 5%. El peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) es una especie reactiva de oxígeno (ERO) que está asociado a las respuestas de defensas de la planta ante factores bióticos y abióticos. Mientras que el carbonato de sodio está asociado a elevar el pH que inside en la reducción del crecimiento micelial y producción de esporas.

El objetivo de este trabajo fue determinar si el peróxido de hidrógeno y bicarbonato de sodio reducen los daños causados por *Phytophthora* spp en naranja Valencia. Para lograr el objetivo se planteó aplicar dosis de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a nivel radicular y foliar; así como bicarbonato solo a nivel foliar, durante un periodo de tres meses. Los principales resultados indican que, los daños causados por el oomiceto desaparecen en tallo en un periodo de 30 a 40 días, además se observó desarrollo de brotes.

Después de 60 días la enfermedad de gomosis en plantas de naranja desaparece sin mostrar indicios de una nueva reinfección. Estos resultados son factibles de ser utilizados por productores debido a que el costo de los insumos es menor que con el uso de productos convencionales, además se tiene la ventaja de no dañar al ambiente por lo que también es factible el uso en la agricultura orgánica.

<https://doi.org/10.56382/tdis.rem.cid.2022.1.1.15.22>

Correspondencia: Luis Felipe Juárez-Santillán. Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, Área académica de Agrobiotecnología, Campus Gutiérrez Zamora, Carretera Gutiérrez Zamora-Boca de Lima Km 2.5 Gutiérrez Zamora, Veracruz, México, Tel.: 7668451952, correo electrónico: [luis.santillan@utgz.edu.mx](mailto:luis.santillan@utgz.edu.mx)

**KEYWORDS**

Citrus diseases, gummosis, *Phytophthora* spp, stem rot, orange

**Abstract**

The disease called gummosis caused by *Phytophthora* spp. has caused the loss of orange crops in the state of Veracruz. Therefore, the main objective of this work was to propose a treatment with hydrogen peroxide and sodium bicarbonate for the elimination of this disease. To achieve this objective, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> doses were applied at the root and foliar levels, and bicarbonate only at the foliar level for a period of three months. The main results indicate that, in a period of one to one and a half months, the disease (gummosis) in orange plants disappears without showing signs of new appearance. These results are promising so that the treatment used here can be used by producers in the region of Gutiérrez Zamora, Veracruz, which represents a great advantage due to the lower cost and high efficiency of the work carried out.

**Introducción**

Los cítricos son cultivados en los cinco continentes; en algunos países productores se les considera como la fruta de mayor importancia, tanto por la superficie cultivada, como por la producción y el consumo. Datos del 2019 indican que en México la superficie cultivada de cítricos fue de 590 000 ha y un volumen de producción de ocho millones de toneladas (SIAP, 2019); de las cuales 558 mil corresponden a naranja.

La producción de cítricos se ve afectada por el daño de plagas y enfermedades (Zhang *et al.*, 2012), que se traduce en pérdidas económicas.

Las enfermedades en cítricos son causadas por hongos, oomicetos, virus y bacterias. Los hongos junto con oomicetos, son grupos de microorganismos que conforman la mayoría de los agentes fitopatógenos en el género *Citrus* (Baraona y Sancho, 2000) y su daño puede manifestarse en raíces, troncos, ramas, hojas y frutos (Zhao *et al.*, 2015; Showler, 2017).

Dentro de las enfermedades fúngicas destacan: *Mycosphaerella citri* y *Lasioidiploida theobromae* y *Phytophthora* spp., un oomiceto (Zhao *et al.*, 2015; García-Martín *et al.*, 2018). Estos patógenos provocan lesiones y pudrición del tallo (Yan *et al.*, 2017), manchas necróticas en hojas (Silva *et al.*, 2015), defoliación del árbol (Picos-Muñoz *et al.*, 2015), pudrición de frutos y raíces, disminuyen el vigor y la producción del árbol (Showler, 2017) y por último la muerte

(Graham *et al.*, 2013). La enfermedad denominada gomosis, causada por *Phytophthora* spp., causa entre el 3 al 5 % de la muerte anual de cítricos. Para mitigar los daños causados por esta problemática se debe hacer la supervisión del cultivo y la detección de los patógenos en la primera fase de infección para disminuir su incidencia (Martinelli *et al.*, 2015).

En este trabajo se evaluó el uso de productos alternos a fungicidas convencionales para reducir la incidencia de la gomosis y sin efectos negativos en el ambiente. El objetivo fue determinar si la aplicación de peróxido de hidrógeno y bicarbonato tienen un efecto en la disminución del desarrollo del agente causal de la gomosis tanto a nivel foliar como radicular en plantas adultas establecidas en campo.

En el cultivo de cítricos la infección por *Phytophthora* provoca podredumbre del cuello y raíces, gomosis y aguado. La gomosis de los cítricos puede ser causada por más de 12 especies de *Phytophthora*, entre ellos *P. parasitica*, *P. citrophthora*, *P. citricola*, *P. palmivora* y *P. criptogea* entre las más importantes (Acosta-Pérez *et al.*, 2012).

La morfología del micelio de *Phytophthora* spp., es cenocítica con colonias algodonosas de color blanco (imagen 1a) (Álvarez-Rodríguez *et al.*, 2016). La ontogenia del esporangióforo es simple y los esporangios son papilados, caducos, de forma fusiforme con inserción de pedicelo largo y descentrado (imagen 1b) (Hanumanthappa *et al.*, 2018).

Los principales factores que influyen en la proliferación y dispersión de *Phytophthora* spp son: lluvia, escorrentía, sistemas de riego por aspersión, estancamiento de agua, variedades susceptibles e injertos cercanos al suelo (Baraona y Sancho, 2000), humedad relativa mayor a 80% y temperaturas de 28 °C a 32 °C (Vicent, 2011). La infección inicia al nivel del suelo por las zoosporas que se transportan por medio del agua, llegando al tronco y bajan a las raíces (Srinivasulu *et al.*, 2018).

La gomosis del tallo se manifiesta cerca del suelo, en la unión del portainjerto y la variedad (imagen 1c), el patógeno anilla el tallo, afecta la corteza de la raíz hasta descomponer las raíces fibrosas (Yan *et al.*, 2017). Esto provoca que disminuya la absorción de agua y nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, hierro y magnesio. En consecuencia, el árbol presenta clorosis, defoliación, menor crecimiento vegetativo y producción de fruto (Imagen) (Tanoi y Kobayashi, 2015; Srivastava y Shirgure, 2018).

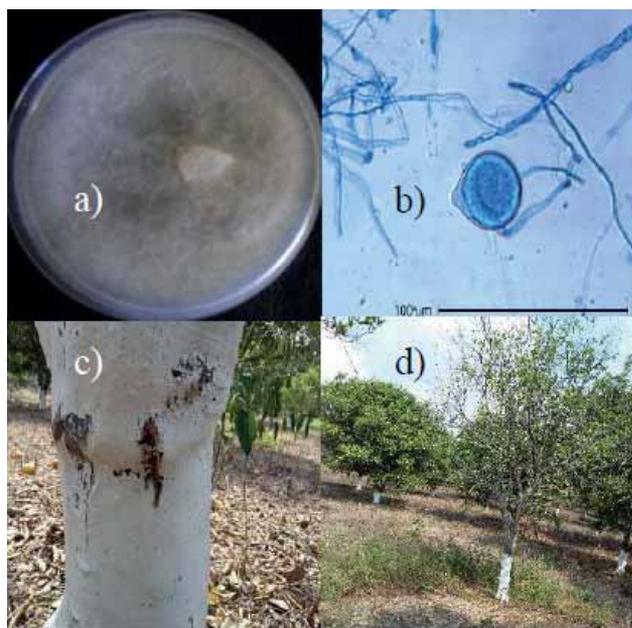


Imagen 1. a) crecimiento *in vitro* de *Phytophthora* spp.; b) micelio y esporangio de *Phytophthora*; c) goma en el tronco; y d) árbol con síntomas de gomosis. Tomada de: Sáenz-Pérez *et al.*, 2019

Un estudio realizado de junio del 2016 a mayo de 2017 encontró que hubo un aumento de *Phytophthora* spp de un 38.53 % a 87.58 %, lo cual se atribuye al aumento de humedad del suelo, la humedad relativa y la disminución de la temperatura del aire; también hubo correlación positiva entre precipitación, humedad del suelo, humedad relativa, conductividad eléctrica del suelo con la progresión de la enfermedad y correlación inversa con la temperatura del aire (Choudhari *et al.*, 2018).

En tratamientos para el control de *Phytophthora* spp se usan químicos persistentes, los cuales son perjudiciales para el medio ambiente. Los tratamientos emplean fosfitos, sulfato de cobre (Graham y Feichtenberger, 2015) y fosetil aluminio en conjunto con propamobarb (Pabón-Villalobos y Cataño-Zapata, 2015).

En otro estudio se emplearon Tiofanato y metil (Topsin-M®), clorotalonil y metalaxil (Success®) y Azufre elemental (Kumulus®) como agentes fúngicos contra *Phytophthora* spp., a tres diferentes concentraciones (100, 200 y 300 ppm); los resultados mostraron que todos los fungicidas inhibieron significativamente el crecimiento micelial de *P. nicotianae* al tercer, quinto y séptimo día a diferentes concentraciones. Topsin-M proporcionó un mayor porcentaje de inhibición, 58.3 %, 56.4 % y 51.3 %, al tercer, quinto y séptimo día, respectivamente, a concentraciones de 100 a 300 ppm. El porcentaje de inhibición mínimo fue proporcionado por Success 15.1 %, 10.3 % y 16.6 %. El crecimiento micelial de *P. citrophthora* también fue inhibido significativamente por todos los fungicidas al tercer, quinto y séptimo día a diferentes concentraciones. Topsin-M mostró mejores resultados contra *P. citrophthora* e inhibió el crecimiento micelial al 71.7 %, 66.6 % y 60.4 %, respectivamente, al tercer, quinto y séptimo día. El porcentaje mínimo de inhibición fue proporcionado por oxiclورو de cobre al 22 %, 15.6 % y 9.3 %, y Kumulus al 16.9 %, 8.3 % y 7.3 % a concentraciones de 100-300 ppm en intervalos de días de 3, 5 y 7 (Iqbal *et al.*, 2020).

También, se han empleado tratamientos biológicos haciendo uso del hongo antagonista *Trichoderma*, y patrones resistentes al patógeno como *Citrange* Troyer, *Citrange* Carrizo, Swingle Citrumelo CPB 4475, *Poncirus trifoliata* y *Citrus aurantium* los cuales han representado una buena opción para el combate del patógeno (Lucas y Beltrán, 2004 y Adedeji *et al.*, 2010).

Este estudio se realizó en una plantación que se ubica en la comunidad del Chote perteneciente al municipio de Papantla. El objetivo de este trabajo fue determinar si el peróxido de hidrógeno y bicarbonato de sodio reducen los daños causados por *Phytophthora* spp en naranja Valencia. Los resultados de este trabajo se pretende que sean replicados en más cultivos, debido a la alta incidencia de la enfermedad que ha ido debastando cultivos de cítricos.

## Material y métodos

### a. Material vegetal

Las plantas que se usaron para el ensayo fueron de naranja variedad Valencia de una edad de 8 años aproximadamente las cuales estaban en plena producción. La plantación se ubica en la comunidad del

Chote perteneciente al municipio de Papantla, Veracruz. La temperatura media fue de 28 °C y una humedad relativa del 60 %.

#### b. Diseño experimental

Para el ensayo se usaron 10 plantas como repeticiones entre tratamientos. Se consideraron plantas con la aplicación de peróxido de hidrógeno más bicarbonato de sodio y plantas control las cuales no se les realizó ningún tratamiento. Las plantas fueron elegidas por una alta incidencia de la enfermedad. En las plantas se realizaron un total de 6 aplicaciones de la siguiente forma: 4 durante un mes en un intervalo de una por semana y dos aplicaciones posteriores, una cada 15 días.

Se tomaron fotografías antes de cada aplicación durante 3 meses.

La evaluación del efecto del tratamiento fue cualitativa.

#### c. Aplicación del tratamiento

Antes de iniciar con el tratamiento se retiró el exceso de goma producida por la planta, tejido dañado y ramas secas con una navaja previamente desinfectada con etanol al 70 %. La desinfección se realizó antes de usarse en un árbol nuevo y en al menos tres ocasiones durante la eliminación de signos de la enfermedad en un mismo árbol. Como se observa en la imagen 2, el peróxido de hidrógeno se aplicó vía drench dirigido a la zona radical en donde previamente se realizaron 5 huecos con una barrena equidistantes alrededor del árbol, en cada hueco se aplicaron 50 ml de peróxido de hidrógeno, en la parte foliar se empleó peróxido de hidrógeno al 0.03 % v/v, al día siguiente se aplicó bicarbonato de forma foliar al 0.8 % p/v a pH 8.0. Las aplicaciones foliares se realizaron con ayuda de una aspersora manual.

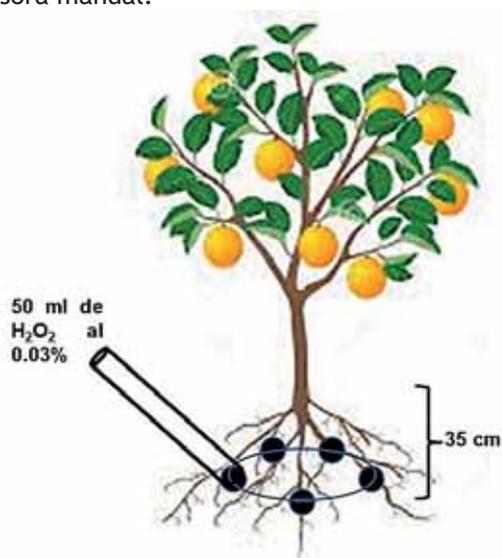


Imagen 2. Esquema general de tratamiento

La aplicación de estas soluciones debe hacerse en toda la planta y principalmente en donde fueron sañeadas las lesiones para conocer de manera cualitativa la disminución del daño.

## Resultados

Los resultados se analizaron de forma cualitativa. Como se observa en la imagen 3, todos los tallos de los árboles de naranja que se les realizó el tratamiento mostraban un daño avanzado por *Phytophthora* spp (gomosis). La presencia de infección disminuyó en los dos meses después de que se inició el tratamiento, el tallo de los árboles mostraron una cicatriz seca, sin gomosis ni indicios de la presencia del patógeno, lo que se traduce en la conducción adecuada de agua y nutrientes a la parte foliar.

Es importante mencionar que originalmente se plantaron más aplicaciones, sin embargo estas se redujeron a seis como se menciona en la metodología debido a la presencia de lluvias al inicio del tratamiento. A pesar de lo anterior, el tratamiento mostró eficacia para poder controlar gomosis, algunas ramas se secó la gomosis y no se observó un progreso de la enfermedad.

Algo característico del tratamiento aplicado, es que la corteza que estaba afectada por la goma, se empezó a desprender del tallo, y a la par iba desarrollando tejido joven, sin aparición de goma como se observa en la imagen 4. El tratamiento se aplicó dos veces por mes para poder eliminar de fondo la goma causada por *Phytophthora* spp. Es muy probable que el peróxido aplicado en raíz, esté propiciando una regeneración, al estar eliminando a *Phytophthora* spp, recordar que el  $H_2O_2$  es un oxidante el cual puede propiciar la eliminación de hongos y oomicetos patógenos.



Imagen 3. Evolución de la enfermedad causada por *Phytophthora* spp. durante tres meses



Imagen 4. Evaluación de la aparición de nuevo follaje en las planta

## Discusión

Estudios han demostrado que las especies reactivas de oxígeno (ROS, por sus siglas en inglés), regulan el desarrollo de raíz a través de adenosin difosfato ácido (NADPH) oxidasa (Foreman *et al.*, 2003; Carol *et al.*, 2005; Takeda *et al.*, 2008), esto sugiere que la mejoría de las plantas se debe al fortalecimiento de las raíces, por lo que esto propicia una buena asimilación de nutrientes y por lo tanto la aparición de brotes. La fitohormona clave para el desarrollo de raíz es la auxina, la cual puede mediar niveles de  $H_2O_2$ , y por lo tanto promueven el crecimiento celular y la formación de raíces laterales (Qu *et al.*, 2016; Su *et al.*, 2016; Takáč *et al.*, 2016). El  $H_2O_2$  es mediador de la inducción de raíces laterales, actúa corriente debajo de melatonina, un compuesto indolamina similar a la auxina (Chen *et al.*, 2018), también induce gravitropismo radicular, el cual es regulado por el transporte de auxinas polares (Li *et al.*, 2018). Hay estudios que indican que el crecimiento de raíces mediado por  $H_2O_2$  en respuesta al estrés, se encontró en pepino, algodón y arroz (Li *et al.*, 2016; Kong *et al.*, 2016; Yamauchi *et al.*, 2017). El  $H_2O_2$ , también media la dominancia apical, la fotosíntesis y la epinastia foliar (Chen *et al.*, 2016, Guo *et al.*, 2016 y Sandalio *et al.*, 2016). Con base en lo anterior se puede justificar la mejoría que presentaron las plantas con el tratamiento planteado, ya que como se comentó, las plantas empezaron a generar brotes y la goma desapareció, debido al poder oxidante que presenta el  $H_2O_2$ , así como a las funciones activadas en la planta, es importante mencionar que a este agente químico se

le conoce como fitohormona putativa (tener características de una fitohormona sin serlo), por tal motivo esto pudo generar diferentes mejorías en la planta, por lo que en estudios posteriores se sugiere hacer experimentos enfocados en observaciones radiculares, así como estudios a nivel de xilema y floema.

Varios carbonatos y bicarbonatos han demostrado ser eficientes contra el moho gris, enfermedad número uno de la uva postcosecha. Investigaciones han determinado que los carbonatos son más eficaces que los bicarbonatos para reducir la germinación de esporas de *Botrytis cinérea* y que los bicarbonatos de sodio eran mejores que los de potasio (Anon, 1999). La actividad enzimática de los hongos se ve favorecida bajo pH ácido, los carbonatos al presentar un pH alcalino, provocan que los hongos inhiban dicha actividad y por lo tanto son eliminados. Esto justifica el uso de bicarbonato en este estudio para combatir gomosis causada por *Phytophthora* spp. Por un lado el  $H_2O_2$ , ejerce un efecto oxidativo en el hongo causante de la enfermedad y por otro, el cambio brusco de pH a la alcalinidad, propicia que la actividad enzimática se vea inhibida y por lo tanto su desarrollo.

## Conclusiones

La aplicación de peróxido de hidrógeno y bicarbonato de sodio propiciaron la eliminación de la enfermedad a nivel de tallo y foliar en donde se observó después de la caída de la corteza dañada una regeneración de la planta y eliminación de signos de la enfermedad. El nuevo follaje apareció en todas las plantas tratadas lo que nos indica la disminución de la enfermedad y reactivación del sistema vascular.

El tratamiento con  $H_2O_2$  y bicarbonato para el control de gomosis, es factible en cuanto a control de la enfermedad y costos para el cultivo de cítricos, estos dos agentes químicos manejados de una forma adecuada, no presentan ningún riesgo para algún compartimento ambiental, el peróxido incluso, puede servir como medio oxigenador en suelos compactos.

## Contribución de los autores

LFJS, diseño del trabajo y redacción.

YTT, diseño y recolección de datos.

JPRG, diseño y recolección de datos.

JJLC, Análisis y redacción.

KMA, análisis y redacción.

JAAB, Análisis y redacción.

## Financiamiento

Ninguno.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Presentaciones previas

Foro agroindustrial 2021.

## Referencias

- Adedeji, A. R., Odebode, A. C., Sanusi, R. A. y Olaiya, A. O., (2010). Comparative efficacy and economic viability of *Trichoderma* strains as bio-control agents for the control of *Phytophthora* pod rot of cocoa in Nigeria. *African Research Review*. 4(3), 349-366.
- Álvarez-Rodríguez, B., Carillo-Fasio, J. A., García-Estrada, R. S. y Allende-Moral, R., (2016). Caracterización de *Phytophthora nicotianae* causante de tizón de vinca en áreas urbanas y viveros de ornamentales en Culiacán, México. *Rev. Mex. Fitopatol.* 34(3), 35-50.
- Anon., (1999). Baking soda and gray mold. Conference notes: ESA and APS joint meeting. *IPM Practitioner*. April. p. 10-11.
- Baraona, M. y Sancho, E., (2000). Cítricos fruticultura. Especial 1 2a ed. San José, Costa Rica. Universidad Estatal a Distancia. 96 p.
- Carol, R.J., Takeda, S., Linstead, P., Durrant, M.C., Kakesova, H., Derbyshire, P., Drea, S., Zarsky, V. y Dolan, L., (2005). A RhoGDP dissociation inhibitor spatially regulates growth in root hair cells. *Nature*, 438, 1013-1016.
- Chen, X.J., Xia, X.J., Guo, X., Zhou, Y.H., Shi, K., Zhou, J. y Yu, J.Q., (2016) Apoplastic H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> plays a critical role in axillary bud outgrowth by altering auxin and cytokinin homeostasis in tomato plants. *New Phytol.*, 211, 1266-1278.
- Chen, Z., Gu, Q., Yu, X., Huang, L., Xu, S., Wang, R., Shen, W. y Shen, W., (2018). Hydrogen peroxide acts downstream of melatonin to induce lateral root formation. *Ann. Bot.*, 121, 1127-1136.
- Choudhari, R. J., Gade, R. M., Lad, R. S., Adinayana2 J. y K. B. V. N. Phanindra, (2018). Epidemiological Relations to *Phytophthora* Spp. Causing Citrus Root Rot in Nagpur Mandarin. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci*, 6, 406-417.
- Foreman, J., Demidchik, V., Bothwell, J.H.F., Mylona, P., Miedema, H., Torres, M.A., Linstead, P., Costa, S., Brownlee, C. y Jones, J.D.G., (2003). Reactive oxygen species produced by NADPH oxidase regulate plant cell growth. *Nature*, 422, 442-446.
- García-Martin, J. F.; Olmo, M. y García, J. M., (2018). Effect of ozone treatment on postharvest disease and quality of different citrus varieties at laboratory and at industrial facility. *Postharvest Biol. Technol.* 137(3), 77-85.
- Graham, J. H., Johnson, E. G., Gottwald, T. R. & Irey, M. S., (2013). Presymptomatic fibrous root decline in citrus trees caused by huanglongbing and potential interaction with *Phytophthora* spp. *Plant Dis.* 97(9), 1195-1199.
- Guo, Z., Wang, F., Xiang, X., Ahammed, G.J., Wang, M., Onac, E., Zhou, J., Xia, X., Shi, K. y Yin, X., (2016). Systemic Induction of Photosynthesis via Illumination of the Shoot Apex Is Mediated Sequentially by Phytochrome, B., Auxin and Hydrogen Peroxide in 13. Tomato. *Plant Physiol.*, 172, 1259-1272.
- Hanumanthappa, P. V., Hegde, V., Mahalingeshwara, S. K., Krishna, R. M., Edathil, R. K. y Pallem, C. H., (2018). Differentiation of *Phytophthora* species associated with plantation crops using PCR and high-resolution melting curve analysis. *J. Plant Pathol.* 100(2), 233 240.
- Iqbal, Z., Ahmad, S., Asim, M., Rehman, A. M., Rehman, A., Raza, W., Raza, M., Bilal, S. M. y Abid, H. U., (2020). Management of *Phytophthora* species associated with citrus decline in Pakistan. *International Journal of Botany Studies*, 5 (1), 98-103.
- Kong, X., Luo, Z., Dong, H., Eneji, A.E. y Li, W., (2016). H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and ABA signaling are responsible for the increased Na<sup>+</sup> efflux and water uptake in *Gossypium hirsutum* L. roots in the non-saline side under non-uniform root zone salinity. *J. Exp. Bot.*, 67, 2247-2261.
- Li, B., Cai, Q., Ma, S., Li, S., Zhang, X. y Yu, Y., (2018). Regulation of NPA and ACC on H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-Induced Pea Primary Horizontal Bending Root. *J. Plant Growth Regul.*, 37, 246-254.
- Li, H., He, J., Yang, X., Li, X., Luo, D., Wei, C., Ma, J., Zhang, Y., Yang, J. y Zhang, X., (2016). Glutathione-dependent induction of local and systemic defense against oxidative stress by

- exogenous melatonin in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *J. Pineal Res.*, 60, 206-216.
18. Lucas, E. A. y Beltrán, P. C., (2004). Phytophthora en cítricos, un problema de difícil solución. *Vida Rural*. 56-62 pp.
  19. Pabón-Villalobos, J. y Castaño-Zapata, J., (2015). Evaluación de productos químicos y uno biológico para el manejo de *Phytophthora* spp. en naranjo 'Salustiana' injertado en portainjerto Sunki. *Revista UDCA Actualidad y Divulgación Científica*. 18(2), 339-349
  20. Picos-Muñoz, P. A., García-Estrada, R. S., León-Felix, J., Sañudo-Barajas, A. y Allende-Molar, R., (2015). *Lasiodiplodia theobromae* en cultivos agrícolas de México: Taxonomía, hospedantes, diversidad y control. *Rev. Mex. Fitopatol.* 33(1), 54-74.
  21. Qu, Y., Wang, Q., Guo, J., Wang, P., Song, P., Jia, Q., Zhang, X., Kudla, J., Zhang, W. y Zhang, Q., (2017). Peroxisomal CuAO and its product H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> regulate the distribution of auxin and IBA-dependent lateral root development in *Arabidopsis*. *J. Exp. Bot.*, 68, 4851-4867.
  22. Sandalio, L.M., Rodríguez-Serrano, M. y Romero-Puertas, M.C., (2016). Leaf epinasty and auxin: A biochemical and molecular overview. *Plant Sci.*, 253, 187-193.
  23. Showler, A. T., (2017). Suppression of greasy spot disease caused by *Mycosphaerella citri* Whiteside on grapefruit trees in an organic orchard using an aqueous organic mixture of composted cornmeal, humic acid, molasses, and fish oil versus vegetable oil. *Crop Protection*. 99(9), 137-143.
  24. SIAP., (2019). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.
  25. Silva, S. X. B., Soares, A. C. F., Almeida, D. O., Santos, H. P. y Laranjeira, F. F., (2015). Temporal patterns of citrus greasy spot-induced defoliation of sweet orange cultivars in Brazil. *Annals Appl. Biol.* 167(1), 55-62.
  26. Srinivasulu, A., Pavan K. S., Raja B. K. y Kumar K. A., (2018). Integrated nutrient & disease management in citrus. *International Journal of Chemical Studies*. 6(6), 2315-2321.
  27. Srivastava, A. K. y Shigure, P. S., (2018). Nutrient diagnostics and fertilizer prescription in Citrus: a perspective analysis. *J. Eco-friendly Agric.* 13(2), 1-17.
  28. Su, C., Liu, L., Liu, H., Ferguson, B.J., Zou, Y., Zhao, Y., Wang, T., Wang, Y. y Li, X., (2016). H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> regulates root system architecture by modulating the polar transport and redistribution of auxin. *J. Plant Biol.*, 59, 260-270.
  29. Takáč, T., Obert, B., Rolčík, J. y Šamaj, J., (2016). Improvement of adventitious root formation in flax using hydrogen peroxide. *New Biotechnol.*, 33, 728-734.
  30. Takeda, S., Gapper, C., Kaya, H., Bell, E., Kuchitsu, K. y Dolan, L., (2008). Local positive feedback regulation determines cell shape in root hair cells. *Science*, 319, 1241-1244.
  31. Tanoi, K y Kobayashi, N. I., (2015). Leaf senescence by magnesium deficiency. *Plants*. 4(4), 756-772.
  32. Vicent, A., Bassimba, D. D. M. y Intrigliolo, D. S., (2011). Effects of temperature, water regime and irrigation system on the release of ascospores of *Mycosphaerella nawae*, causal agent of circular leaf spot of persimmon. *Plant Pathol.* 60(5), 890-898.
  33. Yamauchi, T., Yoshioka, M., Fukazawa, A., Mori, H., Nishizawa, N.K., Tsutsumi, N., Yoshioka, H. y Nakazono, M., (2017). An NADPH Oxidase RBOH Functions in Rice Roots during Lysigenous Aerenchyma Formation under Oxygen-Deficient Conditions. *Plant Cell*, 29, 775-790.
  34. Yan, H. X., Zhong, Y., Jiang, B., Zhou, B. R., Wu, B. y Zhong, G. G., (2017). Guanggan (*Citrus reticulata*) shows strong resistance to *Phytophthora nicotianae*. *Scientia Horticulturae*. 225(12), 141-149.
  35. Zhang, M. Q., Powell, C. A., Guo, Y., Doud, M. S. y Duan, Y. P., (2012). A Graft-based chemotherapy method for screening effective molecules and rescuing huanglongbing-affected citrus plants. *Phytopathology*. 102(6), 567-574.
  36. Zhao, W.; Bai, J.; McCollum, G. y Baldwin, E., (2015). High incidence of preharvest colonization of huanglongbing-symptomatic citrus sinensis fruit by *Lasiodiplodia theobromae* (*Diplodia natalensis*) and exacerbation of postharvest fruit decay by that fungus. *Appl. Environ. Microbiol.* 81(1), 364-372





ARTÍCULO ORIGINAL

## Sinergismo antibacteriano de *Petiveria alliacea* sobre bacterias de interés farmacológico

Julio Alfonso Armenta Barrios<sup>1\*</sup>, Jocabel Extocapan Molina<sup>1</sup>, Maricela Ávila Soto<sup>1</sup>, Yolanda Magdalena García Rodríguez<sup>2</sup>, Francisco Javier Espinoza García<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ingeniería en Agrobiotecnología, Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, Veracruz, México

<sup>2</sup>Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, Morelia, Michoacán, México.

Fecha de recepción: 28 de junio de 2022; fecha de aceptación del artículo: 13 de julio de 2022.

### PALABRAS CLAVE

Sinergismo;  
Actividad bactericida;  
*Petiveria alliacea*

### Resumen

Con el descubrimiento de la penicilina, el uso de antibióticos de amplio espectro para tratar infecciones causadas por bacterias de interés farmacológico se ha ampliado, lo que ha llevado al uso indiscriminado de antibióticos, así como el cambio morfológico y genético de esas bacterias, lo que ha causado su resistencia contra los antibióticos a los que antes eran susceptibles. La “revolución verde” y el estudio de las propiedades de interés biológico de ciertos compuestos vegetales, así como la relación entre estos y los antibióticos para inhibir el crecimiento bacteriano corresponden a un proceso conocido como sinergismo. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de 3 fracciones del extracto hexánico de *Petiveria alliacea* contra dos cepas microbianas de interés farmacológico *Klebsiella pneumoniae* y *Pseudomonas aeruginosa*. Se llevaron a cabo tres experimentos: el primero la extracción y fraccionamiento de extractos hexánicos los cuales fueron sometidos a ensayos bacterianos; el segundo experimento utilizando las fracciones con resultados favorables del experimento anterior, en el cual se evaluó con el propósito de observar el efecto sinérgico que tienen estas fracciones con antibióticos de amplio espectro; en un tercer experimento, se realizó un análisis químico mediante un cromatógrafo de gases para identificar los compuestos químicos presentes en cada fracción. En conclusión, de las fracciones obtenidas solo tres presentaron actividad antimicrobiana y una presentó sinergismo inhibitorio de mecanismos contradefensivos. Los compuestos fitol, 8-heptadeceno, 7-hexil-docosano, 11-pentil-eicosano y 13-docosnamida de la fracción V del extracto presentan actividad sinérgica y bactericida.

<https://doi.org/10.56382/tdis.remcid.2022.1.1.23.28>

Correspondencia: Julio Alfonso Armenta Barrios, Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, Ver. Prolongación Dr. Miguel Patiño s/n, Col. Centro. C.P. 93556, Gutiérrez Zamora, Veracruz, México. Teléfono: (766) 100 3453. Correo: julio\_d@utgz.edu.mx

ISSN: 2954-498X · e-ISSN: 2954-4998. - Revista Multidisciplinaria de Ciencia Innovación y Desarrollo © 2022. Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora. Todos los derechos reservados

**KEYWORDS**

Synergism;  
Bactericidal activity;  
*Petiveria alliacea*

**Abstract**

With the discovery of penicillin, the use of broad-spectrum antibiotics to treat infections caused by bacteria of pharmacological interest has been expanded, which has led to the indiscriminate use of antibiotics, as well as the morphological and genetic change of these bacteria, which has caused their resistance against antibiotics to which they were previously susceptible. The “green revolution” and the study of the properties of biological interest of certain plant compounds, as well as the relationship between these and antibiotics to inhibit bacterial growth correspond to a process known as synergism. The objective of this study was to evaluate the effect of 3 fractions of the hexane extract of *Petiveria alliacea* against two microbial strains of pharmacological interest, *Klebsiella pneumoniae* and *Pseudomonas aeruginosa*. Three experiments were established: the first the extraction and fractionation of hexanic extracts which were subjected to bacterial tests; the second experiment using the fractions with favorable results from the previous experiment, in which it was evaluated with the purpose of observing the synergistic effect that these fractions have with broad-spectrum antibiotics; In a third experiment, a chemical analysis was performed using a gas chromatograph to identify the chemical compounds present in each fraction. In conclusion, of the fractions obtained, only three presented antimicrobial activity and one presented inhibitory synergism of counterdefensive mechanisms. The compounds phytol, 8-heptadecene, 7-hexyl-docosane, 11-pentyl-eicosane and 13-docosenamide of fraction V of the extract show synergistic and bactericidal activity.

**Introducción**

Un problema de salud mundial, que se encuentra en constante evolución, es la resistencia bacteriana a los antibióticos, que se ha registrado en bacterias Gram negativas y Gram positivas (Quiñonez, 2017).

La resistencia adquirida es una de las más preocupantes entre la comunidad médica responsable del diagnóstico y el tratamiento de infecciones, la cual se presenta en una bacteria inicialmente sensible a los antibióticos que se ve afectada por cambios, por mutaciones o por la adquisición de genes de resistencia durante el fenómeno conocido como transferencia genética lateral, que es un proceso por medio del cual un organismo transfiere material genético a otra célula que no es descendiente (Rodríguez *et al.*, 2014).

Esta resistencia a antibióticos puede ocasionar el fracaso en los tratamientos de enfermedades infecciosas, el aumento en los costos, así como en la tasa de víctimas mortales e incluso llegar a ocasionar epidemias. La resistencia a los antibióticos se ve favorecida por el abuso y el mal uso de los antimicrobianos en medicina humana (Buldain, 2019).

Una alternativa para contrarrestar la resistencia a antibióticos es la explotación de productos naturales para usos medicinales, pues la resistencia antimicrobiana es una amenaza para la salud pública, pero también para la seguridad alimentaria y la inocuidad

de los alimentos, así como para la vida, la producción animal y el desarrollo económico y agrícola (Robles *et al.*, 2019).

Existen diversas investigaciones sobre el potencial de extractos de plantas para combatir los problemas de resistencia a los antibióticos en bacterias. Los extractos de plantas que consisten en mezclas complejas de los principales compuestos y sus metabolitos secundarios, junto con los antibióticos convencionales exhiben posibles efectos sinérgicos (Xi Yap *et al.*, 2014).

Se han utilizado diversas técnicas microbiológicas para demostrar la actividad antimicrobiana de plantas frente a microorganismos patógenos para el hombre. Entre ellas la utilización de extractos vegetales, los cuales son una mezcla compleja, con multitud de compuestos químicos, obtenible por procesos físicos y/o químicos a partir de una fuente natural y utilizable en cualquier campo de la tecnología; en general, los extractos son soluciones diluidas de metabolitos secundarios. (Vélez *et al.*, 2018).

Una muestra de lo antes mencionado es *Petiveria alliacea*, planta endémica de México, Islas del Caribe, Centro y Sudamérica, de tallo recto, poco ramificado de 0.5 a 1 m de alto, con hojas alternas de forma elíptica y de 6 a 19 cm de largo. Sus flores son pequeñas de color blanco y el fruto es una baya cuñiforme que presenta cuatro ganchos doblados hacia abajo. Existen referencias etnográficas de diferentes

países en cuanto a la aplicación de *P. alliacea* en varias enfermedades infecciosas (Ochoa *et al.*, 2013).

Asimismo se han reportado usos como antiinflamatorio, antimicrobiano, antiherpético, analgésico, inmunomodulador, anticancerígeno, hipoglicemiante, para las infecciones cutáneas micóticas y psoriásicas. (López *et al.*, 2020).

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de 3 fracciones del extracto hexánico de *Petiveria alliacea* contra dos cepas microbianas de interés farmacológico *Klebsiella pneumoniae* y *Pseudomonas aeruginosa*.

## Material y métodos

El presente estudio se llevó a cabo en el Laboratorio de Biotecnología de la Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora (UTGZ), Veracruz. y el Laboratorio Ecología Química y Agroecología del Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad (IIES), Morelia, Michoacán.

### Obtención del extracto hexánico de *Petiveria alliacea*

El material vegetal utilizado para la obtención del extracto consistió en hojas, tallo y raíz sanas y completamente desarrollados de *Petiveria alliacea*, colectadas en la zona rural de Gutiérrez Zamora, Ver. El material vegetal se lavó con agua corriente por 5 min para eliminar el excedente de polvo y tierra, se eliminó el exceso de humedad y se maceraron 100 g de material vegetal con 450 mL de hexano marca Wöhler grado reactivo durante 15 días en la oscuridad a una temperatura de 16 °C, después de transcurrido este tiempo el extracto obtenido se filtró y se concentró por medio de arrastre de vapor recuperándose el hexano utilizado (Camacho, 2014).

### Fraccionamiento del extracto hexánico

El fraccionamiento del extracto hexánico se llevó a cabo mediante el método de cromatografía de columna, para la determinación de la fase móvil se realizó una cromatografía en placa fina de sílica 60F254 (Thickess 0.2 mm) sobre un soporte de lámina de aluminio con relación de Hexano-Acetato de Etilo marca Suprasolv en una proporción de 80:20 (v/v) respectivamente (Silva, 2020).

Se empacó una columna con 50 g de sílica de gránulo medio con tamaño de 200 µm marca Sigma-Aldrich, el volumen utilizado del extracto hexánico fue

de 4 mL (Elizondo, 2020) de la cual se obtuvieron siete fracciones.

## Ensayos antibacterianos

En la evaluación de la actividad sinérgica de las fracciones, se utilizaron sensibilizadores de amplio espectro: Imipenem (Im/10mg Becton Dickinson), Cloranfenicol (Cl/30mg Becton Dickinson) y Vancomicina (Va/30mg Becton Dickinson) con cepas multirresistentes de *Klebsiella pneumoniae* y *Pseudomonas aeruginosa* donadas por el Hospital Infantil “Eva Sámano de López Mateos”. Los antibiogramas se realizaron por el método de difusión de disco (Montero *et al.*, 2018), para esto se preparó un inóculo con una concentración de 0.5 en escala McFarland correspondiente a  $1.5 \times 10^8$  UFC/mL, la siembra de las bacterias se realizó en cajas petri con agar Mueller Hinton (BD BIOXONTM) con una concentración 38 g/L con la ayuda de hisopos estériles por la técnica de estriado en tres direcciones. En los tratamientos del antibiótico con el extracto, primero se colocó el sensibilizador y encima de este el disco impregnado con 5 µL del extracto. Las placas fueron incubadas a  $37 \pm 2$  °C durante 24 horas antes de su lectura. En la tabla 1 se presentan los tratamientos utilizados por cada fracción.

Tabla 1. Tratamientos utilizados para evaluación antibacteriana

Tratamientos	Descripción
T1	Antibiótico
T2	Antibiótico + Extracto
T3	Extracto
T4	Solvente (Hexano)
T5	Disco estéril

## Análisis químico de las fracciones

El análisis químico de las fracciones obtenidas de *P. alliacea* se llevó a cabo mediante un cromatógrafo de gases marca Agilent 6890, acoplado a un detector selectivo de masas (MSD) Agilent Technologies 5973 Network, con sistema de análisis de datos HP MS ChemStation y una Biblioteca de espectros NIST 2.0., en donde se inyectó 1µL de cada fracción en modo Split, con relación 20:1 a 250 °C en una columna capilar HP5 de 30 m x 0.25 mm x 0.25 µm con fase estacionaria apolar de 5 %

fenil-poli(metilsiloxano). La temperatura del horno se programó a 150 °C durante 3 min con una rampa de calentamiento de 5 °C/min hasta 278 °C, como gas acarreador se empleó helio a un flujo de 1 mL/min. La corrida total duro 50 min (Technologies, 2016)

## Resultados

### Obtención y fraccionamiento del extracto hexánico

Se obtuvo el extracto hexánico de *P. alliacea* mediante el método de maceración en oscuridad, el cual fue concentrado por el método de arrastre de vapor para eliminar la mayor cantidad de hexano posible, obteniendo 55 mL con una concentración de 25 mg/mL.

El extracto de *P. alliacea* obtenido se fraccionó por cromatografía en columna, de la cual se obtuvieron siete fracciones las cuales fueron sometidas a ensayos bacterianos para probar el efecto bactericida y comprobar si presentan efecto sinérgico.

### Efectividad de actividad antibacteriana y sinérgica

Se evaluó la actividad antibacteriana de cada fracción obtenida de manera cualitativa y cuantitativa por el método de difusión de disco contra 2 bacterias de interés farmacológico (*K. pneumoniae* y *P. aeruginosa*); todos los ensayos fueron realizados por triplicado para poder obtener resultados confiables.

Los resultados de la evaluación cualitativa de los ensayos bacterianos de las fracciones se pueden observar en el cuadro 2, se presentan solamente las fracciones que presentaron resultados favorables de inhibición.

Tabla 2. Fracciones del extracto *P. alliacea* con antibióticos que presentaron inhibición contra *K. Pneumoneae* y *P. Aeruginosa*.

Frac-ción	Antibiótico	<i>K. Pneumo-neae</i>	<i>P. Aeru-ginosa</i>
III	Imipenem	-	+
	Cloranfenicol	+	-
	Vancomicina	-	-
IV	Imipenem	-	+
	Cloranfenicol	+	-
	Vancomicina	-	-
V	Imipenem	+	+
	Cloranfenicol	+	+
	Vancomicina	+	+

+ = Presenta inhibición - = No presenta inhibición

La evaluación cuantitativa de los ensayos bacterianos de las fracciones con actividad antimicrobiana se realizaron midiendo el diámetro del halo de inhibición (en mm) que se genera alrededor del disco impregnado con el antibiótico y en acción sinérgica con la fracción del extracto a evaluar, los resultados se pueden observar en la figura 1 para *K. pneumoniae* y la figura 2 para *P. aeruginosa* donde Im: Imipenem, Cl: Cloranfenicol, Va: Vancomicina y Ext: Extracto hexánico de la fracción evaluada, adicionalmente, se añaden las barras de desviación estándar en cada gráfica para corroborar si los tratamientos son estadísticamente diferentes.

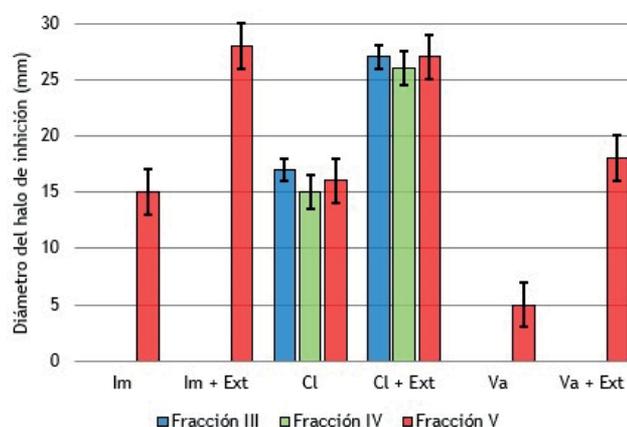


Figura 1: Análisis cuantitativo de actividad antimicrobiana de las fracciones de *P. alliacea* evaluado contra *K. pneumoniae*

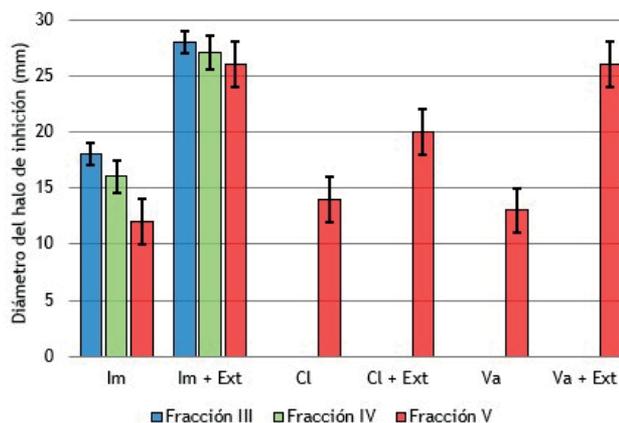


Figura 2: Análisis cuantitativo de actividad antimicrobiana de las fracciones de *P. alliacea* evaluado contra *P. aeruginosa*

Los bioensayos mostrados en las gráficas anteriores presentan actividad inhibitoria mayor cuando se utiliza el antibiótico y la fracción hexánica extracto al mismo tiempo, lo que señala una reacción sinérgica que potencia el efecto inhibitorio en estos.

### Fraccionamiento químico de la fracción con actividad antibacteriana y sinérgica

La fracción que mostró mayor inhibición para las bacterias *K. pneumoniae* y *P. aeruginosa* fue la número V, por lo cual se realizó un análisis químico mediante cromatografía de gases masas (CGM) para elucidar los compuestos químicos que presentan actividad antibacteriana.

El cromatograma de presenta en la figura 3 donde se muestran los picos de los compuestos de la fracción V que representan mayor abundancia.

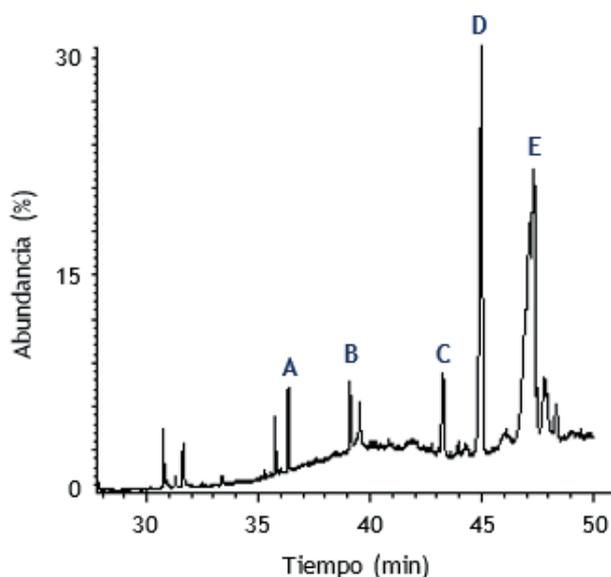


Figura 3: Cromatograma de la fracción hexánica V de *P. alliacea*

Utilizando el sistema de análisis de datos HP MS ChemStation y una Biblioteca de espectros NIST 2.0 se pudieron obtener las estructuras y nombres de los compuestos químicos principales de la fracción V mostrados en la gráfica anterior, los cuales son; A) Fitol, B) 8-Heptadeceno, C) 7-Hexil-Docosano, D) 11-Pentil-Eicosano y E) 13-Docosenamida.

### Discusión

Como resultado del fraccionamiento del extracto de *Petiveria alliacea* se obtuvieron siete fracciones, de las cuales solo tres presentaron actividad inhibitoria, estas fueron la fracción III, IV y V, sin embargo, no todas mostraron una sinergia con el antibiótico.

La fracción V presenta gran sinergismo ya que contiene compuestos activos como:

El fitol lo cual concuerda con lo reportado por (Mendonça en 2020) donde este compuesto redujo la formación de biopelículas de bacterias analizadas

que exhiben una mayor actividad que los controles positivos probados (estreptomocina y ampicilina), además también redujo efectivamente la movilidad y patogenicidad de *P. aeruginosa*.

El efecto del 8-heptadeceno concuerda con lo reportado por (Elmosallamy *et al.*, 2021) donde se comprobó la actividad antimicrobiana de este compuesto mostrando una zona de inhibición característica frente a seis patógenos clínicos incluyendo *Pseudomonas aeruginosa*, en comparación con los medicamentos estándar Gentamicina y Vancomicina.

El efecto de inhibición del 7-hexil-docosano concuerda con lo reportado por (Susikumar *et al.*, 2021) donde se evaluó la actividad antibacteriana de este compuesto de manera cualitativa y cuantitativamente por la presencia o ausencia de zonas de inhibición, diámetros de zona, valores MIC y MBC frente a microorganismos de interés farmacológico, exhibiendo una interesante actividad antibacteriana contra *P. aeruginosa*.

(Alikhanova *et al.*, 2021) evaluaron la efectividad de aceites esenciales de *Zosima absinthifolia* ricos en 11-pentil-eicosano realizado una serie de estudios sobre la actividad antioxidante, antiinflamatoria, antibacteriana y citotóxica de este compuesto, lo que concuerda con la efectividad obtenida en nuestros resultados.

En el efecto de la 13-docosenamida concuerda con lo reportado por (Pérez, 2019) donde han presentado propiedades antiinflamatorias, antitumorales, leishmanicidas y antimaláricas.

Los compuestos anteriormente mencionados pueden ser considerados con efecto sinérgico, ya que coadyuvan al proceso de inhibición de mecanismos contradefensivos contra antibióticos de amplio espectro como el Imipenem, el cloranfenicol y la vancomicina.

### Conclusiones

Con fundamento en los resultados obtenidos se puede afirmar que la planta *Petiveria alliacea* contiene compuestos activos, los cuales fungen como inhibidores de mecanismos contradefensivos formados por las bacterias evaluadas, lo que conduce a la inhibición de la resistencia bacteriana adquirida lo cual podría tener un impacto positivo en la industria farmacéutica.

### Contribución de los autores

JAAB, diseño del trabajo, análisis estadístico y redacción.

JEM, diseño del trabajo y revisión.

MAS, diseño del trabajo y redacción.

YMGR, diseño del trabajo, pruebas químicas, revisión.

FJEG, diseño del trabajo y revisión.

## Financiamiento

Ninguno.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Presentaciones previas

Ninguna.

## Referencias

1. Alikhanova N., Novruzov E. and Zeynalova S. 2021. Chemical composition of the essential oil extracted from the aerial parts of *Zosima absinthifolia* Link. The Institute of Botany, ANAS, Baku, Azerbaijan. *Plant & Fungal Research* 4: 56-60
2. Buldain D. 2019. Estudio de la eficacia in vitro de combinaciones de antimicrobianos con aceite esencial de *Melaleuca armillaris* Sm. frente a *Staphylococcus aureus* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata).
3. Camacho O. 2014. Contribución a la estandarización del proceso de obtención de un extracto de hojas de *Petiveria alliacea* L. (anamú) a escala de laboratorio. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Farmacia Bogotá, Colombia.
4. Elizondo J. 2020. Evaluación, identificación y caracterización de fracciones con actividad antiparasitaria de *Argemone mexicana* (L) y *Kalanchoe daigremontiana* (Hamet & H. Perrier). Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Nuevo León.
5. Elmosallamy A., Eltawil N., Ibrahim S. y Hussein S. 2021. Phenolic Profile: Antimicrobial Activity and Antioxidant Capacity of *Colocasia esculenta* (L.) Schott. *Egyptian Journal of Chemistry*, 64: 2165-2172.
6. García M., Coto T., Ocampo R., and Pazos L. 2006. Subchronic and acute preclinic toxicity and some pharmacological effects of the water extract from leaves of *Petiveria alliacea* (Phytolaccaceae). *Biología Tropical*, 54: 1323-1326.
7. Gibbons, S. 2007. Phytochemicals for bacterial resistance strengths weaknesses and opportunities. *Planta Med*, 74: 594-602.
8. López, A., López, D., Inga, E. y Granda, M. 2020. Anamú: mitos y realidades. *Boletín Informativo CEI*, 7: 119-121.
9. Mendonça, G. 2020. O potencial terapêutico do fitol: uma revisão bibliográfica. Universidade Federal de Campina Grande centro de Educação e Saúde Unidade Acadêmica de Saúde.
10. Montero M., Vayas L., Avilés D., Pazmiño P. y Erazo V. 2018. Evaluación de dos métodos para medir la sensibilidad de inhibición de crecimiento de la cepa certificada de *Staphylococcus aureus*. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 29: 1543-1547.
11. Ochoa A., Marín J., Rivero D. y Aguilera E. 2013. Caracterización física, físico-química y química de extractos totales de hojas frescas de *Petiveria alliacea* L. con acción antimicrobiana. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 44: 52-59.
12. Pérez A. 2019. Caracterización fitoquímica y evaluación del efecto tripanocida de extractos obtenidos de *Croton leptostachyus* sobre *Trypanosoma cruzi*. Pontificia Universidad Javeriana Facultad De Ciencias. Bogotá D.C.
13. Quiñones, D. 2017. Resistencia antimicrobiana: evolución y perspectivas actuales ante el enfoque "Una salud". *Rev Cubana Med*, 69: 29-34.
14. Rodríguez, E., León, G., Petersen, S., 2014. La evolución de la resistencia bacteriana en México. *Biomédica*, 34: 181-190.
15. Robles M., Sánchez G. y Patiño R. 2019. Sinergia entre las plantas medicinales y la nanotecnología. *Universitarios Potosinos*, 239: 22-27
16. Silva L. 2020. Búsqueda de inhibidores naturales de UPR para el control de hongos fitopatógenos, Tesis Doctoral, Centro de Investigación Científica de Yucatán.
17. Susikumar S., Nartunai G., y Ilavarasan R. 2021. GC-MS Analysis of n-hexane Extract of Roots of *Aerva lanata* (Linn) Juss. ex. Schult. *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 14: 2479-2482
18. Technologies, A. (2016). Obtenido de [https://www.agilent.com/cs/library/datasheets/public/5991-5345\\_LR.pdf](https://www.agilent.com/cs/library/datasheets/public/5991-5345_LR.pdf).
19. Vélez, R., Jaramillo, C. y Vélez, E. 2018. Metabolitos secundarios, actividad antimicrobiana y letalidad de las hojas de *Cymbopogon citratus* (hierba luisa) y *Melissa officinalis* (toronjil). *FACSALUD-UNEMI*, 2(2), 31-39.
20. Xi Yap, P., Chin, B., Cai, H., and Erin, S. 2014. Essential oils, a new horizon in combating bacterial antibiotic resistance. *The Open Microbiology Journal*.



ARTÍCULO ORIGINAL

## Uso de estrategias de aprendizaje en la adquisición de una segunda lengua: caso de estudio Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora

Julián Barragán Díaz, Rosa Anahí Gámez Ortiz\*

Academia de Idiomas, Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, Veracruz, México.

Fecha de recepción: 24 de junio de 2022; fecha de aceptación del artículo: 13 de julio de 2022.

### PALABRAS CLAVE

Estrategias  
Aprendizaje  
Autonomía

### Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo conocer el uso de las estrategias de aprendizaje de inglés por parte de algunos grupos de la Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora tanto en el campus Gutiérrez Zamora como en el campus Altotonga. El estudio de caso se llevó a cabo durante el cuatrimestre Mayo-Agosto de 2021 y se realizó con tres grupos que cursaron la materia de inglés en línea. Se aplicó un cuestionario en línea con preguntas cerradas y abiertas para conocer los hábitos de uso de las estrategias de aprendizaje por parte de los estudiantes, posteriormente se realizó un análisis de las respuestas obtenidas. Finalmente, se llegó a la conclusión de que los alumnos argumentan conocer y utilizar algunas estrategias de aprendizaje sin embargo, se sugiere un estudio de seguimiento para conocer su impacto dentro del aula y reforzar el uso de estas dentro de los cursos de inglés.

<https://doi.org/10.56382/tdis.remcid.2022.1.1.29.36>

Correspondencia: Rosa Anahí Gámez Ortiz. Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora. Prolongación Dr. Miguel Patiño s/n, C.P.93500, Gutiérrez Zamora, Veracruz, México. Teléfono: 7668451960. Correo Electrónico : anahi.gamez@utgz.edu.mx

ISSN: 2954-498X · e-ISSN: 2954-4998. - Revista Multidisciplinaria de Ciencia Innovación y Desarrollo © 2022. Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora. Todos los derechos reservados

**KEYWORDS**

Strategies  
Learning  
Autonomy

**Abstract**

The objective of this study is to know the use of English learning strategies by some groups of the Technological University of Gutiérrez Zamora both in the Gutiérrez Zamora campus and in the Altotonga campus. This case study was carried out during the term May-August 2021. It was carried out with three groups that took an English course online. A questionnaire with closed and open questions was applied to know the habits of use of learning strategies, later an analysis of the answers obtained was carried out. In conclusion, students argue that they know and use some learning strategies, however, a follow-up study is suggested to know their impact within the classroom and then reinforce the use of these within the English courses.

**Introducción**

Uno de los propósitos actuales de la educación en México es proveer a los estudiantes de herramientas que les permitan insertarse y competir en los mercados nacionales e internacionales. Para lograr esto, el gobierno ha elaborado planes que tienen como propósito el desarrollo de habilidades que le permitan a los estudiantes “aprender a aprender”, esto es, contar con herramientas que les permitan seguir aprendiendo a lo largo de la vida (Benavides-Lara *et al.*, 2020). Ejemplos de estos planes los podemos encontrar desde las primeras etapas de la propuesta curricular, como en el Programa Nacional de inglés (PRONI) que tiene como objetivo fortalecer los procesos de enseñanza y aprendizaje del inglés como una segunda lengua en las escuelas públicas de educación básica. (Secretaría de Educación Pública [SEP], s.f.). Adicionalmente, durante la educación media, media superior y superior, la enseñanza del inglés tiene como objetivo continuar desarrollando las habilidades lingüísticas de los estudiantes.

Ante dicho escenario, las estrategias de aprendizaje de lenguas resultan un apoyo invaluable para aquellos alumnos que buscan seguir desarrollando sus habilidades de manera independiente. Dichas estrategias se trabajan de manera directa o indirecta dentro de los materiales de enseñanza, particularmente en los libros de texto. Resulta entonces de suma importancia para los profesores de lengua promover entre los

alumnos el uso de las estrategias de aprendizaje para fomentar el aprendizaje autónomo.

Según datos de la UNESCO, en abril de 2020 la pandemia de COVID-19 llegó a obligar 151 cierres a nivel nacional afectando al 82.1 % de los estudiantes matriculados alrededor del mundo. A partir de ese momento los estudiantes se vieron envueltos en una nueva dinámica que, en el caso de México, incluyó el uso de un modelo a distancia. Esta situación inédita requirió que tanto maestros como alumnos pusieran en práctica estrategias para compensar las carencias que se pudieran presentar durante el cierre de las escuelas. Dichas estrategias formaron parte fundamental de la educación a distancia debido a que fue necesario el uso de ellas para que el alumno se mantuviera con un propósito y orientado a la obtención de un resultado de manera estratégica sin la presencia de un profesor, convirtiendo al alumno en lo que Weinstein (en Valle, Barca, González, Núñez, 1987) llama una “alumno cognitivamente activo”. Además, las estrategias de aprendizaje sirvieron para promover el aprendizaje autónomo como Cárcel (en Maldonado-Sanchez, Aguinaga-Villegas, Nieto-Gamboa, Fonseca-Arellano, Shardin-Flores, Cadenillas-Albornoz, 2018 ) lo describió en su definición de 2016: El aprendizaje autónomo “es un proceso que admite al sujeto ser autor de su propio desarrollo, optando por vías, estrategias, herramientas y momentos que estime oportunos para aprender y poner en práctica de modo

independiente lo aprendido” (p. 102). Ante esta situación, el presente estudio pretende conocer en qué medida los alumnos utilizan de manera consciente las estrategias de aprendizaje para el desarrollo de habilidades lingüísticas, así como el conocer las estrategias utilizadas en mayor medida para así desarrollar un futuro plan que promueva el aprendizaje autónomo del inglés.

## Material y métodos

Se decidió realizar una investigación cuantitativa para generar un conteo de las estrategias conocidas y de las estrategias utilizadas para poder utilizar los resultados de manera general en futuras mejoras de los cursos de inglés que se imparten en la Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora. Hernández-Sampieri (2018) comenta que este tipo de investigación se centra en puntos específicos de los fenómenos, además de que ofrece la posibilidad de generalizar los resultados más ampliamente, otorgando control sobre dichos fenómenos.

Tomando en cuenta las estrategias anteriores, se diseñó un cuestionario con la finalidad de conocer las estrategias de aprendizaje de una segunda lengua en alumnos de la Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora Ver. (UTGZ).

La muestra constó de dos grupos de las carreras de Turismo; los grupos fueron tomados al azar y contaron con una población total de 14 alumnos. La elección de esta carrera responde al nivel deseado de lengua que deben alcanzar los alumnos al culminar su carrera, el cual es un B1 de acuerdo con el Marco Común de Lenguas de Referencia Europeo.

El cuestionario está basado en el “Strategy Inventory for Language Learning” (Oxford 1990). Este cuenta con 18 preguntas, tres por cada sección; las secciones son seis las cuales responden a la clasificación de estrategias antes mencionadas. Al final, se incluyen dos preguntas externas con el fin de conocer las perspectivas de los alumnos sobre el uso de estrategias de aprendizaje para una segunda lengua. Se utilizó una escala de Likert que parte de “nunca utilizo esta estrategia” hasta “siempre utilizo esta estrategia”. Finalmente, el cuestionario fue enviado a través de Google Forms.

## Resultados

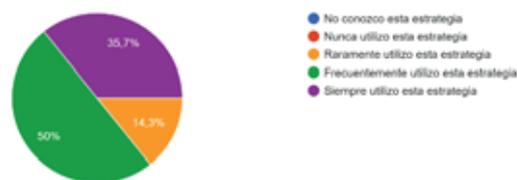
Los resultados se presentan en seis categorías: estrategias cognitivas, metacognitivas, de memoria,

compensatorias, afectivas y sociales así como las percepciones de los alumnos en relación con aprovechamiento de dichas estrategias.

### Estrategias cognitivas

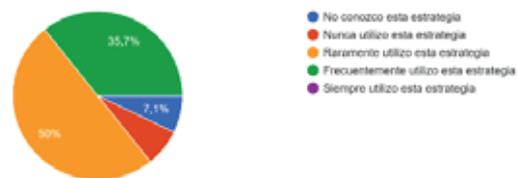
50 % de los alumnos respondieron que frecuentemente toman notas sobre nuevos temas en inglés mientras que 35.7 % respondió que siempre utiliza esta estrategia, finalmente 14.3 % respondió que rara vez utiliza esta estrategia.

Tomo notas sobre temas nuevos en inglés.  
14 respuestas



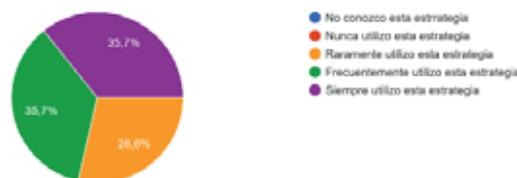
50 % de los alumnos respondieron que rara vez realizan resúmenes o síntesis de la información que ven, leen o escuchan en inglés. 35.7 % respondieron que frecuentemente utilizan esta estrategia, mientras que el resto respondió que nunca utilizan dicha estrategia o no la utilizan.

Realizo resúmenes o síntesis de la información que veo, leo o escucho en inglés.  
14 respuestas



35.7 % de los encuestados respondieron que siempre utilizan la técnica de ver películas, series, video en inglés prestando atención a las expresiones utilizadas, otro 35.7 % respondió que frecuentemente lo hace mientras que 28.6 % respondió que raramente utiliza esta estrategia.

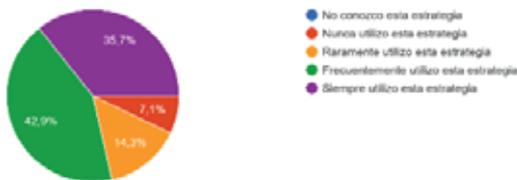
Veo películas, series, videos, etc. en inglés prestando atención en las expresiones utilizadas  
14 respuestas



### Estrategias metacognitivas

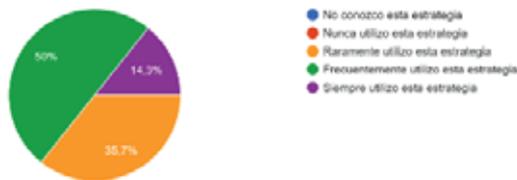
42.9 % de los encuestados respondieron que frecuentemente cuentan con un lugar especial para estudiar y/o realizar tareas escolares. 35.7 % respondió que siempre lo hace, 14.3 % respondió que raramente y 7.1 % respondió que nunca.

Cuento con un lugar especial para estudiar y/o realizar tareas escolares.  
14 respuestas



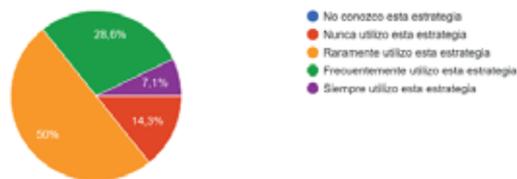
50 % de los alumnos respondieron que frecuentemente revisan las lecciones de inglés vistas durante la semana, 35.7 % respondió que raramente revisan las lecciones mientras 14.3 % respondió que siempre lo hacen.

Reviso constantemente las lecciones de inglés vistas durante la semana.  
14 respuestas



La mitad de los encuestados respondió que rara vez monitorean su progreso de manera constante mientras que 28.6 % respondió que frecuentemente lo hacen. Finalmente el 14.3 % comentó que nunca monitorean su avance y el 7.1 % siempre lo hace.

Monitoreo mi progreso de manera constante  
14 respuestas

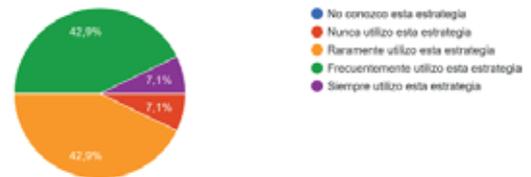


### Estrategias de memoria

Dos segmentos de 42.9 % de los encuestados respondieron tanto que frecuentemente realizan listas de

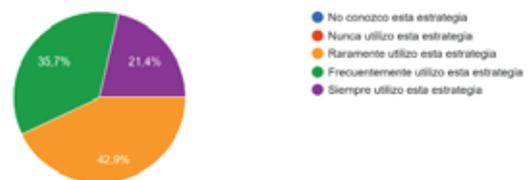
vocabulario para recordar nuevas palabras como que raramente utilizan esta estrategia. Dos segmentos de 7.1 % respondieron que nunca lo hacen y que no conocen esta estrategia respectivamente.

Realizo listas de vocabulario para recordar nuevas palabras.  
14 respuestas



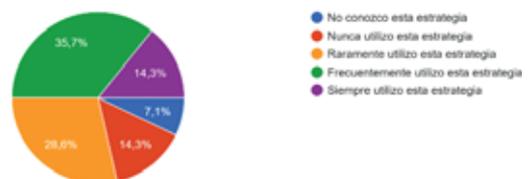
42.9 % de los alumnos contestaron que raramente usan nuevas palabras en inglés en una oración para así recordarlas. En menor porcentaje, 35.7 % comentó que frecuentemente utiliza esta estrategia mientras que 21.4 % comentó que siempre lo hace.

Uso nuevas palabras de inglés en una oración para así recordarlas.  
14 respuestas



35.7 % de los encuestados menciona frecuentemente utilizar tarjetas para recordar nuevo vocabulario. 28.6 % comenta que raramente utiliza esta técnica. Dos segmentos de 14.3 % respondieron que siempre y nunca usan esta estrategia respectivamente mientras que 7.1 % no conoce esta estrategia.

Utilizo tarjetas (imagen y palabra en inglés) para recordar nuevo vocabulario.  
14 respuestas



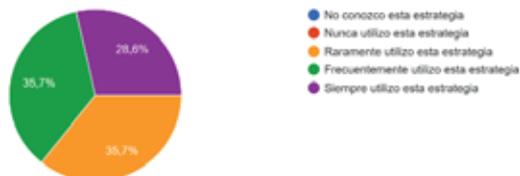
### Estrategias compensatorias

Dos segmentos de 35.7 % respondieron que, frecuente y raramente respectivamente, sustituyen una palabra por otra de significado similar si no recuerdan alguna

palabra en inglés. 28.6 % respondió que siempre lo hacen.

Si no recuerdo alguna palabra en inglés, la sustituyo por otra de significado similar.

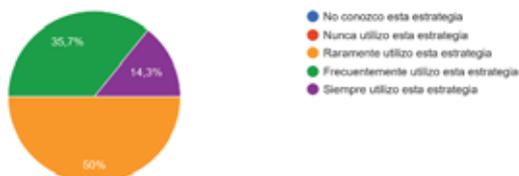
14 respuestas



La mitad de los alumnos (50 % exactamente) respondieron que raramente intentan adivinar lo que la otra persona dirá en una conversación en inglés mientras que 35.7 % frecuentemente utiliza esta estrategia y 14.3 % siempre lo hace.

Intento adivinar lo que la otra persona dirá en una conversación en inglés.

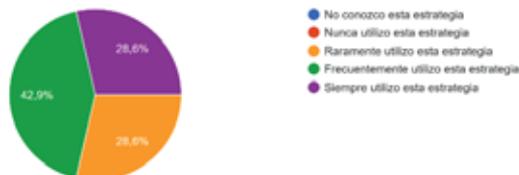
14 respuestas



42.9 % de los encuestados respondieron que frecuentemente adivinan el significado de las palabras desconocidas por contexto mientras que dos segmentos de 28.6 % cada uno mencionó que siempre y raramente utilizan esta estrategia respectivamente.

Adivino el significado de palabras desconocidas por contexto.

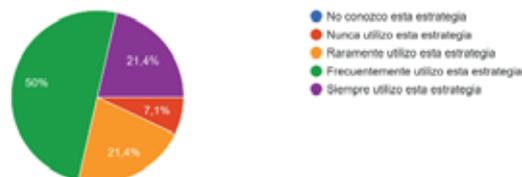
14 respuestas



### Estrategias afectivas

50 % de los alumnos contestaron que frecuentemente intentan relajarse cuando se sienten nerviosos al hablar inglés. Dos segmentos de 21.4 % cada uno mencionaron que siempre y raramente utilizan esta técnica respectivamente mientras que 7.1 % comentó que nunca utilizan esta estrategia.

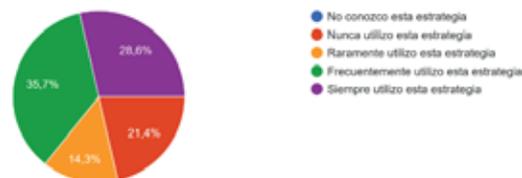
14 respuestas



35.7 % comentó que frecuentemente se animan a participar en inglés aun cuando les da miedo cometer errores. 28.6 % comentó que siempre se animan a participar, 21.4 % comentó que nunca y 14.3 % comentó que raramente lo hace.

Me animo a participar en inglés aun cuando me da miedo cometer errores.

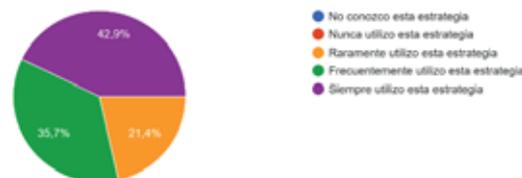
14 respuestas



42.9 % de los alumnos comentó que siempre tienen metas claras sobre el nivel de inglés que desean alcanzar, 35.7 % mencionó frecuentemente saberlo y 21.4 % comentó raramente saberlo.

Tengo metas claras sobre el nivel de inglés que deseo alcanzar

14 respuestas

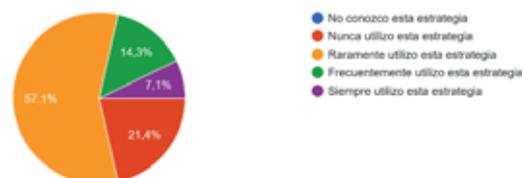


### Estrategias sociales

La mayoría de los encuestados (57.1 %) comentó que raramente practican inglés con otros estudiantes mientras que 21.4 % comentó que nunca utiliza esta estrategia, 14.3 % frecuentemente lo hace y 7.1 % nunca lo hace.

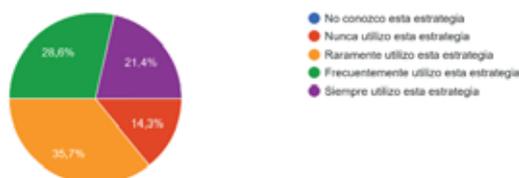
Practico inglés con otros estudiantes.

14 respuestas



35.7 % de los alumnos encuestados respondieron que raramente intentan aprender sobre la cultura de los países angloparlantes mientras que 28.6 % frecuentemente lo hace. 21.4 % comentó que siempre utiliza esta técnica mientras que 14.3 % nunca lo hace.

Intento aprender sobre la cultura de países angloparlantes.  
14 respuestas



50 % de los alumnos comentó que pide ayuda a maestros u otros compañeros para corregir errores al momento de hablar inglés. 28.6 % comentó que frecuentemente utiliza esta técnica, 14.3 % respondió que siempre lo hace y 7.1 % respondió que nunca.

Pido ayuda a maestros u otros compañeros para corregir mis errores al momento de hablar en inglés.  
14 respuestas



### Percepciones de los alumnos en relación con las estrategias de aprendizaje

Finalmente, se preguntó a los alumnos si consideraban que estas estrategias les habían ayudado en su aprendizaje. De dicha pregunta se obtuvieron respuestas como:

- "Sí, al tomarlas como práctica voy aprendiendo más día con día".
- "Efectivamente me han servido para no quedarme estancada, no olvidar temas pasados que aprendí y recordarlos con mayor facilidad. Asimismo estar en constante actualización me permite autoevaluarme para saber en dónde estoy y qué debo hacer para poder avanzar".
- "Sí me han ayudado pero necesito otro método para poder comprender audios y conversaciones en inglés".
- "No, porque se me olvida".
- "Sí, estas y otras estrategias como leer artículos de periódicos, estaciones de radio y series en

*inglés me ayudan a conocer expresiones cotidianas utilizadas por los hablantes nativos.*

Con base en las respuestas obtenidas es claro que los alumnos comienzan a utilizar estrategias basados en su criterio, por lo que es posible aceptar el hecho de que cuentan con cierto grado de autonomía que, naturalmente, se encuentra en desarrollo. Otro elemento que resulta interesante es que los alumnos no tienen claros los conceptos de método y estrategia, por lo que un futuro estudio podría arrojar luz sobre los potenciales beneficios que se obtendrían si los participantes tuvieran en claro dichos conceptos, sus aplicaciones y sus beneficios.

### Discusión

Algunos autores como Ying *et al.*, (2021) establecen en sus estudios que es vital determinar las estrategias a utilizar en el aula de enseñanza de inglés durante la pandemia de COVID-19, ya que los alumnos alrededor del mundo tienen problemas de comunicación que les hacen fallar al momento de desarrollar sus habilidades. Al observar los resultados obtenidos se puede observar que la mayoría de los alumnos conoce o ha utilizado de manera consciente o inconsciente alguna o varias de las estrategias planteadas anteriormente. No obstante, la disparidad con la que estas son utilizadas puede repercutir de manera significativa en la adquisición de la lengua meta.

Si bien los alumnos claman el usar estas estrategias como herramientas que permiten un avance en su proceso de aprendizaje de una segunda lengua, los resultados señalan que las estrategias menos utilizadas son las sociales, las cuales, pueden influir en la forma en que la lengua es percibida, contextualizada y, por ende, utilizada de manera apropiada al realizar interacciones. Esto se ve reflejado en la pregunta 16 donde en suma 85.6 % afirma tener escaso o nulo uso de la segunda lengua con compañeros de clase. Este tipo de interacción fue difícil de tener durante las clases a distancia, sin embargo vale la pena poner atención en la necesidad de los alumnos de tener más interacción en el salón de clase.

Adicionalmente, sólo 50 % de los encuestados piden apoyo a su profesor o a otros compañeros para corregir sus errores. Lo anterior muestra que, ante una falta de interacción, existen repercusiones en el proceso de aprendizaje del alumno ya que no hay espacio para correcciones. También, la falta de interacción tiene una repercusión en las estrategias meta-cognitivas, ya que 64.3 % de los encuestados mencionó no tener un monitoreo de su avance; por ende, al no

tener un punto de referencia, el alumno no puede ser consciente de lo que debe ser corregido o aquello que necesita para avanzar.

## Conclusiones

En suma, el caso anterior ha demostrado que los alumnos conocen diversas estrategias de aprendizaje y aplican algunas que, en su opinión, les han traído buenos resultados. Llama la atención el uso dispar de ellas, por lo que se sugiere continuar este trabajo para promover el uso de las demás estrategias dentro de los cursos de inglés. De esta misma forma se abre la posibilidad de un futuro estudio que contraste el uso de dichas estrategias por parte de los alumnos con su desempeño académico y con su desempeño dentro del aula. Asimismo valdría la pena el reflexionar sobre el uso asertivo de estas por parte del alumnado. Adicionalmente, se debe tomar en cuenta la emergencia sanitaria actual como punto focal, el cual ha repercutido de manera negativa en la forma que se interactúa dentro del salón de clases. Finalmente, queda abierta la puerta para estudiar el impacto del uso guiado de las estrategias y que estas se puedan contrastar con los avances en la adquisición de la lengua meta.

## Contribución de los autores

JBD, diseño del trabajo, análisis estadístico y redacción. RAGO, diseño y recolección de datos.

## Financiamiento

Ninguno.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Presentaciones previas

Ninguna.

## Referencias

1. Bastías g, Villarroel l, Zuñiga D, et al. (2000). Academic performance of medical students: a predictable result? *Rev Med Chil* 128(6):671-678.
2. Beguet B, Cortada de Kohan N, Castro Solano A, *et al.*, (2001) Factores que intervienen en el rendimiento académico de los estudiantes de psicología y psicopedagogía. *Revista Científica de la Dirección de Evaluación y Acreditación de la Secretaría General de la Universidad del Salvador-USA*
3. Benavides-Lara, M. A., Manzano-Gutiérrez, P. A. M. E. L. A., & General, T. La Noción De “Aprender A Aprender” En El Currículo De La Educación Básica En México. (2020). Centro Universitario de Ciencias Sociales y Humanidades de la Universidad de Guadalajara, México. Recepción: Octubre 6, 2019 | Aceptación: Abril 23, 2020
4. Caballero C, Abello llanos r, Palacio Sañudo J. (2006) Burnout, Engagement y Rendimiento Académico entre estudiantes universitarios que trabajan y aquellos que no trabajan. *Revista Psicogente. Universidad Simón Bolívar* 2006;9(16):11-27.
5. Castro Solano A, Casullo M. (2002) Predictores del rendimiento académico y militar de cadetes argentinos. *Anales de Psicología, Universidad de Murcia*;18(2):247-259.
6. Christie H, Munro M, Fisher T. (2004) Leaving university early: Exploring the differences between continuing and non-continuing students. *Stud High Educ*; 29:617-636.
7. Crisp G, Amaury N. (2010) Hispanic Student Success: Factors Influencing the Persistence and Transfer Decisions of Latino Community College Students Enrolled in Developmental Education. *Res High Educ*;51(2):175-194.
8. Donoso S, Schiefelbein S. (2007) Análisis de los modelos explicativos de retención de estudiantes en la universidad: Una visión desde la desigualdad social. *Estudios Pedagógicos*; 33(1):7-27.
9. Frischenschlager O, Haidinger G, Mitterauer L. (2005) Factors associated with academic success at Vienna Medical School: prospective survey. *Croat Med J*; 46(1):58-65.
10. Hernández-Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2018). *Metodología de la investigación* (Vol. 4, pp. 310-386). México: McGraw-Hill Interamericana, Karp M. How Non-Academic Supports Work: Four Mechanisms for improving Student outcomes. 2011. *CCrC Brief*. 54
11. Maldonado-Sánchez, M., Aguinaga-Villegas, D., NietoGamboa, J., Fonseca-Arellano, F.,

- Shardin-Flores, L., & Cadenillas-Albornoz, V. (2019). Estrategias de aprendizaje para el desarrollo de la autonomía de los estudiantes de secundaria. *Propósitos y Representaciones*, 7(2), 415-439
12. Pérez Albizú E, Urrutia MI. (2006) Comparative study of the performance of different cohorts evaluating whether they have entered university with or without admissibility course. *Rev Fac Cien Med Univ Nac Cordoba*; 63(1):26-30.
  13. Reyes H, Hartin V, Loftin C, *et al.*, (2012) The Impact of Employment on Nursing Students' Academic Performance. *Nurs Educ*; 37(5):218-221.
  14. Rochford C, Connolly M, Drennan J. (2009) Paid part-time employment and academic performance of undergraduate nursing students. *Nurs Educ Today*; 29(6):601-606.
  15. Tamayo S, López R, Berruezo S, *et al.*, (2011) Evaluación de los conocimientos básicos de los alumnos de Fisiopatología y su relación con factores sociales y académicos. *Revista de la Facultad de Ciencias de la Salud Universidad Nacional de Salta*; 1(1):11- 16.
  16. Tejedor F.J., Valcárcel Muñoz-repiso A. (2007) Causas del bajo rendimiento del estudiante universitario (en opinión de los profesores y alumnos). *Propuestas de mejora en el marco del EEES. Revista de Educación*;342:443-473.
  17. Tinto, V. (1989) Definir la Deserción: Una cuestión de perspectiva. *Rev Educ Sup*; 18(71): 33-51.
  18. Tinto V. (1987) The principles of effective retention. Fall Conference of the Maryland College Personnel Association.
  19. Tinto V. (1975) Dropout from higher education: A theoretical synthesis of recent research. *Review of Educational Research*; 45(1):89- 125.
  20. Oxford, R. L. (1992). Research on second language learning strategies. *Annual review of applied linguistics*, 13, 174-187.
  21. Pascarella E, Pierson C, Wolniak G, Terenzini P. First-Generation College Students: Additional Evidence on College Experiences and Outcomes (internet). *J Higher Educ* 2004;75(3):249-284.
  22. Pascarella E, Terenzini P. (1980) Predicting Freshman Persistence and Voluntary Dropout Decisions from a Theoretical Model (internet). *J Higher Educ*;51(1):60-75.
  23. Valle Arias, A, Barca Lozano,A, González Cabanach, R, Núñez Pérez, JC. (1999) Las estrategias de aprendizaje revisión teórica y conceptual. *Revista Latinoamericana de Psicología*, vol. 31, núm. 3, pp. 425-466.
  24. Vélez Van Meerbeke A, Roa González C. (2005) Factores asociados al rendimiento académico en estudiantes de medicina. *Educ Med*;8(2):74-82.
  25. Vermunt J. (2005) Relations between student learning patterns and personal and contextual factors and academic performance. *High Educ*; 49:205-234. Consultado el 22 de agosto de 2013. <http://web.ewu.edu/>
  26. Wilcox P, Winn S, Fyvie-Gauld M. (2005) It was nothing to do with the university, it was just the people: The role of social support in the first-year experience of higher education. *Stud High Educ*; 30(6):707-722.
  27. Ying, Y. H., Siang, W. E. W., & Mohamad, M. (2021). The challenges of learning English skills and the integration of social media and video conferencing tools to help ESL learners coping with the challenges during COVID-19 pandemic: A literature review. *Creative Education*, 12(7), 1503-1516.



ARTÍCULO ORIGINAL

## Aplicación del estándar del PMBOK para determinar la factibilidad económica en un proyecto de tecnología termosolar

Luís Genaro García Gómez <sup>1</sup>, Jerónimo Valencia Antonio<sup>1</sup>, José Antonio Monroy Villanueva<sup>1</sup>, Pablo Rafael Trinidad Márquez<sup>1</sup>, Rosa Celia Suárez Jacobo<sup>1\*</sup>, Diego Armando Navarrete Huesca<sup>1</sup>

Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, Veracruz, México <sup>1</sup>.

Fecha de recepción: 27 de junio de 2022; fecha de aceptación del artículo: 14 de julio de 2022

### PALABRAS CLAVE

Estudio de Factibilidad  
Energía Termosolar  
PMBOK

### Resumen

El sector turístico es una actividad económica de gran relevancia en nuestra zona, “La Rosa del Mar” es un hotel ubicado en la Cd. De Tecolutla Ver, que desde su inicio de operaciones en 2017, se ha visto en la necesidad de abastecer de agua caliente a sus visitantes mediante el consumo de gas LP, en este sentido, se presenta un estudio de factibilidad para la implementación de tecnología solar (15 calefactores solares), utilizando la aplicación del estándar PMBOK (*Project Management Body of Knowledge*) que permiten al *project manager* utilizar las buenas prácticas en administración de proyectos de energías renovables, para ello se presenta la Gestión de la integración, Gestión del alcance, Gestión del tiempo y Gestión de los costos. Dentro de los resultados se presenta: el Acta de constitución de proyecto, la EDT o Estructura de Desglose de Trabajo, la Ruta Crítica del proyecto, los resultados de los indicadores son: Valor Presente Neto \$63 027.14, Análisis Costo Beneficio \$1.39, Tasa interna de retorno 23.46 % y el periodo de recuperación de la inversión es de 8 años 4 meses.

<https://doi.org/10.56382/tdis.remcid.2022.1.1.37.44>

Correspondencia: Rosa C. Suárez Jacobo. Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora Prol. Dr. Miguel Patiño s/n, CP. 93500, Gutiérrez Zamora Ver. México: (54) 387 446 7926. Correo electrónico: celia\_d@utgz.edu.mx

ISSN: 2954-498X · e-ISSN: 2954-4998. - Revista Multidisciplinaria de Ciencia Innovación y Desarrollo © 2022. Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora. Todos los derechos reservados

## KEYWORDS

Feasibility study.  
Solar thermal energy  
PMBOK

## Abstract

The tourism sector is an economic activity of great relevance in our area. “La Rosa del Mar” is a hotel located in the city of Tecolutla Veracruz, Mexico. Since the start of its operations in 2017, the hotel has been in need of supplying hot water to its visitors through the consumption of LP gas. A feasibility study was conducted for the implementation of solar technology (15 solar heaters), via the application of the PMBOK standard (Project Management Body of Knowledge) that allow the project manager to use best practices in project management of renewable energy projects. To do this, the Integration Management, Scope Management, Time Management and Cost Management are presented. The following results are also shown: the Project Charter, the WBS or Work Breakdown Structure, the Critical Path of the project, Net Present Value of \$ 63 027.14, the Cost Benefit Analysis, is \$1.39, the Internal Rate of Return is 23.46 % and the payback period of the investment is 8 years 4 months.

## Introducción

La energía solar es una fuente de energía limpia, se caracteriza principalmente por su abundancia en nuestro país y su potencial de aprovechamiento, la evolución de las energías renovables se justifica porque ofrecen una llamativa reducción de emisiones de los gases de efecto invernadero, mitigación del cambio climático, oportunidades para la creación de empleo y desarrollo tecnológico Algarín & Rodríguez (2018).

El aumento en el costo energético, provoca que los empresarios se interesen más por el uso de sistemas fotovoltaicos que representen un beneficio económico a largo plazo. Actualmente el Hotel “La Rosa del Mar” ubicado en la Cd. De Tecolutla Ver. Tiene las siguientes características: cuenta con 23 habitaciones con capacidad para cuatro personas cada una, desde su inicio de operaciones en 2017, se ha visto en la necesidad de abastecer de agua caliente a sus visitantes, generando un consumo de aproximadamente 70 Kg de gas LP cada 17 días en la temporada alta de visitantes y cada 25 días en la temporada baja, que abastecen dos boilers de 80 L y 120 L mediante dos tanques de gas LP de 30 Kg cada uno. El almacenamiento del agua se realiza en un tinaco de 2500 L antes de llegar al calentamiento, y otro tanque que funciona como sedimentador de sólidos suspendidos. Este trabajo tiene como objetivo determinar la factibilidad de invertir en 15 calentadores solares. Véase figura 1.



Figura 1 Esquema que representa al modelo de instalación propuesto. Tomado de Mexlight.com.

Para poder desarrollar este proyecto se ha trabajado con el estándar del PMBOK, siendo referente mundial de las buenas prácticas, universales y necesarias para los profesionales encargados de la dirección de proyectos.

Un estándar es un documento establecido por una autoridad PMI como un modelo o ejemplo, el estándar para la Dirección de Proyectos constituye una referencia para los programas de desarrollo profesional en la formación de líderes de proyectos, por lo que el estándar identifica los procesos que se consideran “buenas prácticas” en la mayoría de ellos.

Según Matos y López (2013), una de las organizaciones que más ha contribuido a mejorar y modernizar la gestión de proyectos es el *Project Management Institute* (PMI), creado en el año 1969 en Estados Unidos de Norteamérica, cuyo propósito era apoyar la industria de la gestión de proyectos.

Para definir un proyecto podemos decir que de acuerdo con el *Project Management Institute* (PMI) un proyecto es “un esfuerzo temporal emprendido para crear un producto o servicio único”.

Mientras que la administración de proyectos “es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas para proyectar actividades con el fin de satisfacer los requerimientos de un proyecto” (PMI).

La guía PMBOK (2017) puede establecer un cuadro de consideraciones que optimizan la puesta en marcha de este tipo de proyectos de carácter energético, pues contempla la forma específica de cómo debe organizarse el mismo, pasando por sus diferentes etapas. Uno de los casos más emblemáticos lo representa la instalación de calentadores solares en hoteles, formando parte de los sistemas de energías renovables, los cuales deben considerarse para su desarrollo por medio del PMBOK, atendiendo su ciclo de vida y lo que establece dicha Guía.

En torno a ello, la Consultora Energías renovables y Eficiencia Energética (2012, p.1), señala lo siguiente:

El ciclo de vida de los proyectos energéticos suele dividirse en las siguientes fases: 1ª) desarrollo, 2ª) construcción y 3ª) operación.

Cada una de las fases planteadas puede ser considerada un proyecto en sí atendiendo la definición más formal vista anteriormente. En cada fase se buscaría un producto o resultado único y en muchos casos incluso son ejecutados y tutelados por agentes o empresas distintas.

Lo anterior pone de manifiesto que la aplicación del PMBOK, está determinada por la forma como se desarrolla el proyecto de energía renovable; en caso de uno pequeño, como el presente, se suprimen algunas fases, pero deben considerarse los pasos fundamentales que establece la Guía referida. De allí, que su aplicabilidad al tipo de proyecto analizado, consistirá en la adaptación de cada una de las etapas y grupos asociados al mismo (estos pueden resumirse o subsumirse, por ser un proyecto pequeño).

Igualmente, el PMI (2017), considera la existencia de proyectos individuales enmarcados en un objetivo común, los cuales, de acuerdo a Becerra, *et al.*,

(2014), deben tener bien definidas sus fases, procesos y grupos, en forma simplificada, para que puedan ser aplicados con la guía PMBOK.

Por último, para determinar la viabilidad utilizaremos los siguientes indicadores económicos:

Tasa Interna de Retorno: de acuerdo con Flórez (2015) es la rentabilidad del proyecto considerándose el porcentaje de pérdida o beneficios que tendrá dicho negocio.

$$TIR = i_1 + \left| \frac{VP \cdot (i_2 - i_1)}{VP + |VN|} \right|$$

*TIR = Tasa interna de retorno.*

*VP = Es el VAN (positivo) a la tasa de actualización baja  $i_1$ .*

*|VN| = Es el VAN (negativo) a la tasa de actualización baja  $i_2$ .*

*$i_1$  = Tasa de actualización donde el VAN es positivo.*

*$i_2$  = Tasa de actualización donde el VAN es negativo.*

El Valor Presente Neto consiste en la actualización de los flujos de un proyecto para saber si se gana o pierde, Morales (2021).

$$VAN = \sum_{n=1}^N \frac{Q_n}{(1 + TIR)^n} - I = 0$$

Donde:

*$Q_n$  = es el flujo de caja en el periodo  $n$ .*

*$n$  = es el número de periodos.*

*$I$  = es el valor de la inversión inicial.*

El análisis costo beneficio mide la relación que existe entre los costes de un proyecto y los beneficios que otorga. Vázquez (2016).

$$\frac{B}{C} = \text{Relación} \frac{\text{Beneficio}}{\text{Costo}}$$

*$r$  = Costo de Oportunidad del Capital.*

*$N$  = Último año del periodo de analisis financiero del proyecto.*

*$I_0$  = Ingreso Inicial.*

*$Y_i$  = Ingresos brutos del proyecto.*

*$c_i$  = Costos del proyecto.*

El Período de Recuperación de la Inversión (PRI) o *payback*, es el tiempo que tarda una empresa en recuperar el costo de su inversión original en un proyecto, cuando el flujo de efectivo neto es igual a cero.

$$PRI = A + \left( -\frac{B}{C} * 12 \right)$$

$$PRI = A \text{ años} + \left( -\frac{B}{C} * 12 \right) \text{ meses}$$

*A: Años del ultimo flujo negativo.*

*B: Último valor Flujo Neto Acumulado (-), del año A.*

*C: Primer Flujo Neto Descontado (Después de A).*

## Resultados

### Gestión de la Integración

El acta de constitución de proyecto, es el documento que formaliza la existencia de un proyecto y confiere al director la autoridad para aplicar los recursos de la organización a las actividades del proyecto” *PMI-Project Management Institute* (2018), se diligencia solo una vez y también cuenta con entradas, herramientas y salidas.

En este proceso también se identifican los interesados (*stakeholders*) internos y externos que van a interactuar y ejercer alguna influencia sobre el resultado global del proyecto (García, 2016). A continuación, se presenta el acta de constitución del proyecto.

Estudio de factibilidad de la aplicación de tecnología termo-solar en el Hotel "La Rosa del Mar" Tec. Ver.		EFATTS
<b>DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO:</b> ¿QUE, ¿QUIEN, ¿CÓMO, ¿CUÁNDO Y DÓNDE?		
Este proyecto consiste en la implementación de tecnología termo-solar en el hotel La Rosa del Mar. El proyecto estará a cargo de los estudiantes de la Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora. Para la realización de este proyecto se contará con la entrega de un reporte. El proyecto será comprendido entre los meses: 08/enero/2022 a 7/abril/2022.		
<b>DEFINICIÓN DEL PRODUCTO DEL PROYECTO:</b> DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO, SERVICIO O CAPACIDAD A GENERAR.		
Para la implementación de esta tecnología termo-solar, se requiere contar con distintos tipos de colectores, el tipo de tecnología termo-solar que se utilice no requieren un mantenimiento constante, ya que tienen una baja probabilidad de estar expuestos a daños o averías, tienen garantizada una vida útil de al menos 20 años por tener propiedades que resisten cambios extremos de clima, es decir que no se dañarán con una fuerte lluvia acompañada de granizo o ante una fuerte radiación solar.		
<b>DEFINICIÓN DE REQUISITOS DEL PROYECTO:</b> DESCRIPCIÓN DE REQUERIMIENTOS FUNCIONALES, NO FUNCIONALES, DE CALIDAD, ETC., DEL PROYECTO/PRODUCTO.		
El sponsor tiene requisitos como: que la información sea muy concreta, el documento de caracterización del proceso sea claro, que el producto cumpla con las normas técnicas de calidad y verificar que el producto funcione correctamente.		
<b>OBJETIVOS DEL PROYECTO:</b> METAS HACIA LAS CUALES SE DEBE DIRIGIR EL TRABAJO DEL PROYECTO EN TÉRMINOS DE LA TRIPLE RESTRICCIÓN.		
1. ALCANCE	Diseño y construcción tecnologías termo-solares en hoteles, bajo estándares de calidad establecidos.	Entrega y aceptación del cliente en este caso el dueño del hotel.
2. TIEMPO	Concluir dentro del cronograma planificado y aprobado por líder del proyecto.	Concluir el proyecto antes de 4 meses
3. COSTO	Cumplir con el presupuesto aprobado	No exceder el presupuesto del proyecto.
	\$ 170,000	
<b>FINALIDAD DEL PROYECTO:</b> FIN ULTIMO, PROPOSITO GENERAL, U OBJETIVO DE NIVEL SUPERIOR POR EL CUAL SE EJECUTA EL PROYECTO. ENLACE CON PROGRAMAS, PORTAFOLIOS, O ESTRATEGIAS DE LA ORGANIZACIÓN.		
Implementar el uso de la tecnología termo-solar en más hoteles, casas, o sitios de la región donde el uso de agua caliente se requiera con mayor frecuencia.		
<b>DESIGNACIÓN DEL PROJECT MANAGER DEL PROYECTO.</b>		
NOMBRE SUPERVISA A	ANTONIO JERONIMO V. LUIS GENARO GARCIA, PABLO RAFAEL TRINIDAD, JOSE ANTONIO MONROY	NIVELES DE AUTORIDAD EQUIPO DE TRABAJO.
<b>CRONOGRAMA DE HITOS DEL PROYECTO.</b>		
Planeación	08/01/2022	
Fundamentación	26/01/2022	
Diagnóstico	09/02/2022	
Valuación Financiera	09/03/2022	
Elaboración del informe	23/03/2022	
Cierre del proyecto	07/04/2022	
<b>PRINCIPALES AMENAZAS DEL PROYECTO (RIESGOS NEGATIVOS).</b>		
Incremento de costos de los materiales.		
Que el equipo de trabajo no se coordine en las fechas establecidas.		
Que el proyecto no se cumpla en los tiempos estimados.		

Figura 2 Acta de constitución de proyecto de acuerdo con el PMBOK. Elaboración propia.

### Gestión del alcance

Una vez autorizado el inicio del proyecto, se procede a detallar y validar su alcance, es decir, lo que se va hacer, ya que representa una base crítica para desarrollar los demás elementos de la planeación. González y Martínez (2017, p. 63)

Con la declaración del alcance se procede a diseñar la estructura de desglose de trabajo (EDT), también conocida como WBS, por sus siglas en inglés (*Work Breakdown Structure*) que representa el elemento central de la planeación del proyecto. González y Martínez (2017, p. 68)

Es el proceso de subdividir los entregables y el trabajo del proyecto en componentes más pequeños y más fáciles de manejar. *Project Management Institute* (2013, p. 105). La EDT del proyecto se detalla como sigue:



Figura 3 WBS (*Work Breakdown Structure*) o EDT del proyecto. Elaboración propia. MS Word.

### Gestión del tiempo

Dado que el tiempo es una de las restricciones más importantes de un proyecto, el cronograma se convierte en la herramienta que el gerente usará con más frecuencia, no solo para controlar el avance del proyecto, sino también para realizar el análisis y los ajustes que sean necesarios. Siles y Mondelo, PMP. (2015, p.51)

Nos ayuda a pronosticar escenarios de cómo se desarrollará el proyecto en tiempo y costo bajo circunstancias; debe ser fácil de actualizar y debe contener información relevante, oportuna y confiable. González y Martínez (2017, p. 88). Se presenta el detalle de la ruta que seguirá el proyecto:

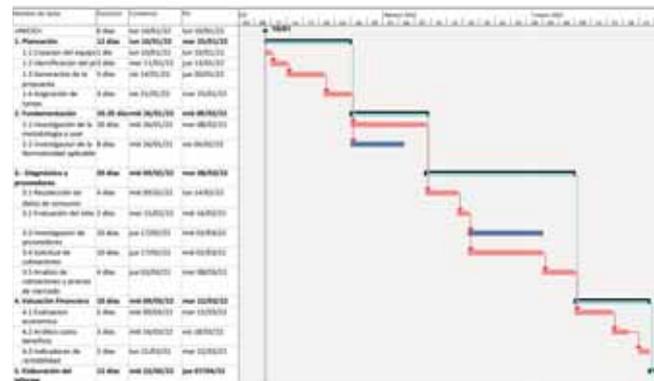


Figura 3 Ruta crítica del proyecto. Elaboración propia con software MS Project.

De acuerdo con las actividades programadas el proyecto inicia el 10 de enero y concluye el 7 de abril considerando todas las etapas del proyecto.

### Gestión de los costos.

La gestión de los costos de proyecto incluye los procesos relacionados con planificar, estimar, presupuestar, financiar, obtener financiamiento, gestionar y controlar los costos de modo que se complete el proyecto dentro del presupuesto aprobado. *Project Management Institute* (2018). Se requiere para ejecutar las tareas, en términos de qué personas, equipo o materiales, y en qué cantidades, será necesario contar con estos recursos del proyecto. González y Martínez (2017, p. 102).

Después de analizar las diferentes variables, precio, calidad, garantías, fletes, se consideró que la opción más viable corresponde a los calentadores solares de placa plana de la marca Kioto capacidad de Termotanque L 150. Para las cotizaciones de precios se estuvieron solicitando a proveedores vía correo o directamente consultando las páginas de las empresas como Ecomart y Enercity. A continuación, se presenta el detalle la estructura del desglose de recursos o (RBS) tabla 1.

Tabla 1. Estructura de desglose de recursos o RBS (*Resource Break-down Structure*)

DATOS	COSTO UNIT	TOTAL
Para iniciar el proyecto se requieren (15 colectores para 15 cuartos) la instalación es sin costo	\$6,280.00	\$ 94,200.00
Flete desde Guadalajara a Tecolulita		\$ 6,200.00
Garantía técnica 2 años y 5 por defectos de fábrica)		\$ -
Costos de mantenimientos después de la garantía por los próximos años, se requieren al menos 2 mantenimientos por año		\$ 55,200.00
Otros (% Riesgo)		\$ 7,780.00
<b>Inversión Total</b>		<b>\$ 163,380.00</b>

Nota: Se considera % riesgo de acuerdo al PMBOK  
\*Ciclo de vida útil de los colectores solares puede ser de hasta 20 años

La tabla 2 muestra el cálculo del *costo promedio ponderado de capital* el cual es una medida financiera, que engloba en una sola cifra, el costo de las diferentes fuentes de financiamiento que usará una empresa expresada en porcentaje.

Tabla 2. Costo Promedio Ponderado de Capital

No.	Fuente Financiamiento	Monto	Tasa de interés	Tasa= KD*(1- Valor relativo	Ponderación
1	Institucion Financiera	\$ 94,200.00	28.68%	20.08%	58%
2	Inversionista	\$ 69,180.00	13.00%	13.00%	42%
		<b>\$ 163,380.00</b>			<b>17.1%</b>

Nota: Cálculo del Costo Promedio de Capital de acuerdo a Baca (2013)

Por último, se detallan los flujos de efectivo esperados del proyecto. Tabla 3.

Tabla 3. Flujos de efectivo esperados

AÑO	FLUJO DE EFECTIVO	TASA (1+t) <sup>-n</sup>	FLUJOS ACTUALIZADOS	FLUJO NETO ACUMULADO
AÑO 0	-\$ 163,380.00	1.00000	-\$ 163,380.00	
AÑO 1	33,600	0.85412	\$ 28,698.37	-\$ 134,681.63
AÑO 2	34,776	0.72952	\$ 25,369.72	-\$ 109,311.91
AÑO 3	35,993	0.62309	\$ 22,427.14	-\$ 86,884.77
AÑO 4	37,253	0.53220	\$ 19,825.87	-\$ 67,058.89
AÑO 5	38,557	0.45456	\$ 17,526.32	-\$ 49,532.58
AÑO 6	39,906	0.38825	\$ 15,493.48	-\$ 34,039.10
AÑO 7	41,303	0.33161	\$ 13,696.43	-\$ 20,342.67
AÑO 8	42,749	0.28323	\$ 12,107.81	-\$ 8,234.86
AÑO 9	44,245	0.24191	\$ 10,703.46	\$ 2,468.60
AÑO 10	45,793	0.20662	\$ 9,461.99	\$ 11,930.59
AÑO 11	47,396	0.17648	\$ 8,364.51	\$ 20,295.10
AÑO 12	49,055	0.15074	\$ 7,394.33	\$ 27,689.43
AÑO 13	50,772	0.12875	\$ 6,536.68	\$ 34,226.12
AÑO 14	52,549	0.10996	\$ 5,778.51	\$ 40,004.63
AÑO 15	54,388	0.09392	\$ 5,108.27	\$ 45,112.90
AÑO 16	56,292	0.08022	\$ 4,515.78	\$ 49,628.68
AÑO 17	58,262	0.06852	\$ 3,992.00	\$ 53,620.68
AÑO 18	60,301	0.05852	\$ 3,528.98	\$ 57,149.66
AÑO 19	62,412	0.04999	\$ 3,119.66	\$ 60,269.32
AÑO 20	64,596	0.04269	\$ 2,757.82	\$ 63,027.14
	\$ 786,817		\$ 63,027.14	

Tabla 4. Resultados de indicadores.

RESULTADOS DE INDICADORES	
VAN	\$ 63,027.14
TIR	23.46%
B/C	1.39
PERIOD. RECUP. (PRI) AÑOS	8 AÑOS
PERIOD. RECUP. (PRI) MESES	4 MESES

Interpretación tabla 4: De acuerdo con los resultados obtenidos en los indicadores financieros proyectados a 20 años con una tasa de actualización del 17.1 %, se determina la viabilidad del proyecto, ya que presenta un Valor Presente Neto de \$63027.14, recuperando la inversión, la *tasa interna de retorno* significa el porcentaje mínimo de recuperación esperado y debe ser positivo y mayor a la tasa de actualización dando como resultado un 23.46 %. De la misma manera la relación *beneficio-costos* indica que por cada peso invertido se recupera \$1.39. El periodo de recuperación es de 8 años 4 meses.

Por último, es importante mencionar que, de acuerdo con la Ley del Impuesto Sobre la Renta (Título II, Capítulo II, Sección II, Artículo 34 XIII) y la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (Título I, Capítulo IV, Sección III, Artículos 21,

22 y 22bis), uno de los beneficios fiscales consiste en la depreciación acelerada para inversiones que reporten beneficios ambientales. Esto permite una deducción fiscal de 100 % en un solo año y por lo tanto disminuye la base gravable para la empresa.

## Discusión

Se han realizado diversos proyectos de investigación de energías renovables que tienen que ver con el uso de calentadores solares, ya sea mediante la elaboración de prototipos, cálculo de instalaciones y alternativas de producción de agua caliente entre los que encontramos los presentados por Quiñones (2018), este trabajo es interesante ya que presenta la construcción de 5 calentadores solares elaborados por estudiantes universitarios para beneficiar a familias en situación de riesgo social. En la investigación de Rodríguez (2015) se evalúan tres alternativas de calentamiento auxiliar: con resistencias eléctricas, gas licuado de petróleo y energía solar, los resultados que presentan coinciden con el presente trabajo, en que el sistema con calentador solar es la mejor opción desde el punto de vista energético y ambiental, pero que se debe considerar el costo de inversión y el tiempo de recuperación. Por otro lado, existen también investigaciones donde se utilizan las buenas prácticas de la guía del PMBOK como los presentados por Aguilar & Ortega (2021); Sistemas de energía fotovoltaica, conectado a la red pública de servicio eléctrico, en su desarrollo, se presenta un análisis de los procesos y áreas de gestión planteados por la guía PMBOK 6a edición, para aplicarlos durante las diferentes etapas del proyecto: gestión de integración, gestión del alcance, gestión de cronograma, gestión de costos, y gestión de riesgos, El trabajo de Galarza, E. (2021) presenta un plan de proyecto para la creación de un estudio de arquitectura sustentable aplicando también la guía PMBOK. Estudios recientes muestran que aquellas organizaciones que emplean metodologías predictivas y adaptadas como el PMBOK, logran cumplir los objetivos de los proyectos en un 73 %, contra el 58 % de aquellas organizaciones que no adoptan estas metodologías. (PMI, 2018).

## Conclusiones

Cada vez más las empresas se inclinan por el trabajo por proyectos, porque es una forma de garantizar que las restricciones que presentan en cuanto al alcance, el tiempo, el costo, y la calidad, serán cumplidas con

mayor eficiencia, por lo que cuando se inicia un proyecto es fundamental considerar estos factores.

Con la realización de este proyecto se pudieron identificar las principales fases o hitos del proyecto, al subdividirlos en tareas y asignarles fechas se tuvo un mejor control y organización de tareas, tanto de aquellas que requerían trabajo de campo como administrativo y de cálculo, de tal forma que se garantizara la entrega del reporte con las especificaciones solicitadas. Al terminar el trabajo se obtuvo un modelo a seguir para futuros análisis de viabilidad de proyectos de energías renovables.

La administración de proyectos confiere entonces una guía de “buenas prácticas” las cuales están avaladas a nivel internacional, que ayudan a reducir entre otros, los riesgos, los costos, los plazos de entrega, mejorando la organización del equipo de trabajo, por lo que es una herramienta fundamental para la gerencia, permiten identificar un total de 49 procesos y 10 áreas de conocimiento, las cuales se adaptan al tipo de proyecto que se esté trabajando además de que se pueden ir realizando ajustes durante su realización. Una excelente herramienta no solo para el campo de la ingeniería, sino también para todas las áreas de conocimiento.

## Contribución de los autores

LGGG Trabajo de campo, recolección y análisis de datos,

JVA Trabajo de campo, análisis de datos financieros, redacción.

JAMV Trabajo de campo, recolección de datos, redacción.

PRTM Trabajo de campo, análisis de datos.

RCSJ Análisis de datos financieros, redacción.

DANH Análisis de datos, redacción.

## Financiamiento

Ninguno.

## Conflicto de intereses

Ninguno

## Presentaciones previas

Ninguna.

## Referencias

1. Aguilar, Y. & Ortega, J. (2021). Aplicación de la guía PMBOK 6a edición para la gestión de proyectos de sistemas de energía fotovoltaica, conectado a la red pública de servicio eléctrico. Caso: Granja avícola de la Provincia de El Oro, Ecuador. *Dominio de las Ciencias*, 7(4), 706-728.
2. Becerra, B., Marmolejo, G., y Rincón, J. (2014). Criterios Básicos para la Implementación del Estándar PMBOK. Universidad San Buenaventura, Cali. Disponible en <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-de-moquegua/formulacion-de-proyectos/criterios-basicos-implementacion-estandar-pmbok-bece-rra-2014/17201424> (Fecha de Consulta 12/05/2022)
3. Baca G. (2013) Evaluación Financiera de Proyectos, Editorial Mc Graw Hill. 7a ed. México DF.
4. Algarín, C., & Álvarez, O. (2018). Un panorama de las energías renovables en el Mundo, Latinoamérica y Colombia. *Espacios*, 39(10).
5. Consultora Energías renovables y Eficiencia Energética (2012). Disponible en [https://www.eoi.es/wiki/index.php/Gesti%C3%B3n\\_y\\_Desarrollo\\_de\\_Proyectos\\_Renovables\\_en\\_Energ%C3%ADas\\_renovables\\_y\\_eficiencia\\_energ%C3%A9tica#:~:text=El%20ciclo%20de%20vida%20de,y%20una%20C3%BAltima%20de%20desmantelamiento.](https://www.eoi.es/wiki/index.php/Gesti%C3%B3n_y_Desarrollo_de_Proyectos_Renovables_en_Energ%C3%ADas_renovables_y_eficiencia_energ%C3%A9tica#:~:text=El%20ciclo%20de%20vida%20de,y%20una%20C3%BAltima%20de%20desmantelamiento.) (Fecha de consulta 15/06/2022)
6. Ecomart. (s. f.). Calentadores Solares Residenciales e Industriales. Ecomart mex. <https://ecomartmex.com/calentadores-solares-residenciales-e-industriales/>
7. Enercity SA. (2021, 13 abril). Colector solar plano. Enercity S.A. <https://enercitysa.com/blog/colector-solar-plano/>
8. Flórez J (2015) Administración de Proyectos para pymes. ECOE Ediciones. 3a ed. Bogotá Col.
9. Galarza, E. (2021). Plan de proyecto para la creación de un estudio de arquitectura sustentable aplicando la guía Pmbok (Bachelor's thesis, Quito: Universidad de las Américas, 2021).
10. García, L. (2016). Gestión de proyectos según el PMI. <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/45590/7/lameijideTFC0116memoria.pdf>
11. González M., Martínez J. (2017) Administración de proyectos, optimización de recursos. Edit. Trillas. México, DF.
12. *Ley del Impuesto Sobre la Renta (Título II, Capítulo II, Sección II, Artículo 40 XII)*
13. *Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (Título I, Capítulo IV, Sección III, Artículos 21, 22 y 22bis)*
14. Matos, S., y López, E. (2013). Prince2 or PMBOK - A Question of Choice. *Procedia Technology*, 9, 787-794. Disponible en: <http://doi.org/10.1016/j.protcy.2013.12.087>. (Fecha de Consulta 15/05/2022)
15. Mexlight (2022, 30 Marzo) Calentadores Solares. <https://www.mexlight.com/calentadores-solares>
16. Morales V. (2021, 30 Marzo). Valor actual neto (VAN). Economipedia. <https://economipedia.com/definiciones/valor-actual-neto.html>
17. Project Management Institute (PMI). (2017). Guía de los Fundamentos Para la Dirección de Proyectos: Guía del PMBOK (6th ed.). Project Management Institute, Inc.
18. Project Management Institute (2018). Pulse of the Profession 2018 (Pulso de la Profesión 2018). Philadelphia, PA - Estados Unidos: Recuperado de: [www.pmi.org/learning/thought-leadership/pulse/pulse-of-the-profession-2018](http://www.pmi.org/learning/thought-leadership/pulse/pulse-of-the-profession-2018)
19. Quiñones, G. I. (2018). Experiencia en formación y transferencia de un prototipo de calentador solar de agua para viviendas sociales. En X Congreso Regional de Tecnología en Arquitectura (CRETA)(La Plata, 2018).
20. Rodríguez, L. (2015). Alternativas de producción de agua caliente sanitaria en instalaciones hoteleras con climatización centralizada. *Universidad y Sociedad*, 7(3).
21. Siles R. & y Mondelo E. (2015) Gestión de Desarrollo de Proyectos. Certificación Project Management Associate PMA. Banco Interamericano de Desarrollo.
22. Vázquez R, (2016, 15 de febrero) *Análisis coste/beneficio*. Economipedia.com. Disponible en <https://economipedia.com/definiciones/analisis-costebeneficio.html>





ARTÍCULO ORIGINAL

## Diagnóstico del entorno empresarial y toma de decisiones financieras en época de crisis: Estudio de caso en la industria del material de la construcción

**Rosa Celia Suárez Jacobo<sup>1\*</sup>, Rosario Ortega Mendoza<sup>1</sup>, Elizabeth Pérez Bonilla<sup>1</sup>**

TSU. En Administración Área Formulación y Evaluación de Proyectos. Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, Veracruz, México<sup>1</sup>.

Fecha de recepción: 27 de junio de 2022; fecha de aceptación del artículo: 14 de julio de 2022

### PALABRAS CLAVE

Estados Financieros  
Razones Financieras  
Análisis PESTEL

### Resumen

A partir de la emergencia declarada por la pandemia COVID 19, el 11 de marzo de 2020 por la OMS, el cierre de empresas a nivel mundial que realizaban actividades no esenciales, generaría un ambiente de incertidumbre económica. La compañía seleccionada para la presente investigación está dedicada a la industria de material de construcción, la cual había estado reportando pérdidas desde antes de la pandemia. Por otro lado el sector de la construcción en México en 2020 presentaba un descenso de 17.2 % en el PIB respecto del año anterior (INEGI, 2020), pese a un escenario desfavorable, en el último cuatrimestre de ese año, sus utilidades comenzaron a recuperarse, logrando la confianza en los inversores e incrementándose el valor de sus acciones. El objetivo de la investigación es reconocer la importancia del diagnóstico del entorno empresarial y la toma de decisiones en épocas de crisis, mediante el análisis e interpretación de los estados financieros. Los materiales utilizados fueron los informes financieros públicos para el periodo del 2012 al 2021. La metodología utilizada fue el uso de razones financieras, porcentos integrales, y el análisis PESTEL. Los resultados concluyen que la estrategia principal de la empresa para enfrentar la crisis ha sido la refinanciación de deuda bancaria, inversión en tecnología, reducción de costos y reducción de sus gastos operativos.

<https://doi.org/10.56382/tdis.remcid.2022.1.1.45.52>

Correspondencia: Rosa C. Suárez Jacobo. Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora Prol. Dr. Miguel Patiño s/n, CP. 93500, Gutiérrez Zamora Ver. México: (54) 387 446 7926. Correo electrónico: [celia\\_d@utz.edu.mx](mailto:celia_d@utz.edu.mx)

ISSN: 2954-498X · e-ISSN: 2954-4998. - Revista Multidisciplinaria de Ciencia Innovación y Desarrollo © 2022. Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora. Todos los derechos reservados

## KEYWORDS

Financial Statements  
 Financial Ratios  
 PESTEL analysis

## Abstract

Since the emergency declared by the WHO on March 11, 2020, due to the COVID 19 pandemic, the closure of companies worldwide that performed non-essential activities, generated an environment of economic uncertainty. The company selected for this research is related to the construction material industry, which had been reporting losses since before the pandemic. Likewise, the construction sector in Mexico in 2020 presented a decrease of 17.2 % in GDP compared to the previous year (INEGI, 2020). Despite an unfavorable scenario, in the last quarter of that year, the profits of the company began to recover, boosting confidence in investors and increasing the value of its shares. The objective of the research is to recognize the importance of the diagnosis of the business environment and decision making in times of crisis through the analysis and interpretation of financial statements. The materials used were the public financial reports for the period from 2012 to 2021. The methodology used was the use of financial ratios, integral percentages, and PESTEL analysis. The results conclude that the company's main strategy to face the crisis was the refinancing of bank debt, investment in technology, cost reduction and reduction of operating expenses.

## Introducción

Uno de los impactos económicos del COVID19 fue el cierre de empresas que realizaban actividades no esenciales a nivel mundial, por lo que las fuerzas macroeconómicas (externas) cada vez son más difíciles de prever. Es por esto que las organizaciones deben de ser capaces de identificar elementos que puedan convertirse en amenazas o riesgos para el negocio. Por otro lado, también nos permite encontrar oportunidades o ventajas competitivas que se deben explotar al máximo para lograr mayores beneficios. Porter (2015).

La presente investigación es de tipo exploratoria y descriptiva, se centra en una de las empresas mexicanas más representativas a nivel mundial en la industria del material de la construcción CEMEX, SAB de C.V. Esta empresa fue fundada en 1906 y en su trayectoria ha tomado decisiones muy importantes entre la que destaca la compra de la empresa *Rinker Group Limited* en 2007 por 15 mil 300 millones de dólares. Sin embargo, la crisis financiera del 2008 impactó en el sector de la construcción, generándole pérdidas millonarias. La empresa fue seleccionada por ser una de las pocas compañías que había enfrentado pérdidas desde antes de la pandemia, y al cierre del 2020 pudo enfrentar la crisis sanitaria logrando incrementar sus utilidades, generando confianza a los inversionistas e incrementándose el valor de sus acciones que cotizan en la bolsa. Véase figura 1.

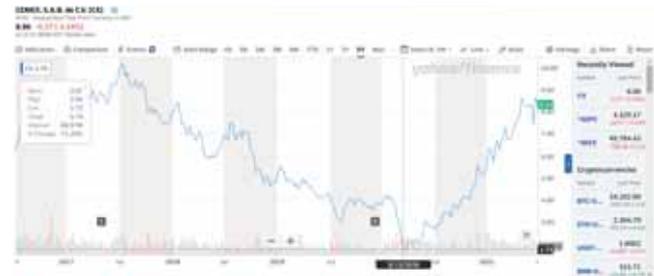


Figura 1. Histórico del valor de las acciones Cemex, imagen tomada de Yahoo Finance (2021)

Muchos son los trabajos que refieren la importancia del análisis e interpretación de estados financieros como los presentados por (Barreto B. (2020); García, *et al.*, (2020); Guardo *et al.*, (2018). Sin embargo, el análisis de estados financieros tiene significado únicamente cuando está enfocado desde el punto de vista del individuo que realiza una acción particular, investigando, promoviendo, invirtiendo, etc. ¿Qué información puede sacar un individuo de unos estados que son significativos en relación con una decisión específica? ¿Qué es lo que una persona trata de aprender sobre una empresa que está tratando de evaluar?

El objetivo de la investigación es reconocer la importancia del diagnóstico del entorno empresarial y la toma de decisiones en épocas de crisis, mediante el análisis e interpretación de los estados financieros.

## Material y métodos

El análisis de los estados financieros requiere una considerable cantidad de trabajo de cálculo, así como numerosos pasos lógicos, que pueden planificarse de antemano y programarse. Sáenz & Sáenz (2019). Estos métodos se clasifican como métodos estáticos a aquellos sistemas de análisis cuyos datos corresponden a estados financieros de un ejercicio, en tanto que los dinámicos abarcan datos financieros de dos o más ejercicios, los primeros podrían considerarse relativos al Análisis Vertical y los segundos al Análisis Horizontal. Calvo (2020) p.20, también llamados porcentajes integrales.

Los ratios financieros según Céspedes & Rivera (2019); son indicadores o instrumentos de medición de los resultados financieros donde se analizan sus puntos débiles y fuertes de una empresa. Las fórmulas a utilizar son:

RAZONES FINANCIERAS	FORMULA	INTERPRETACION
Razón del Circulante	$\frac{\text{Activo Circulante}}{\text{Pasivo Circulante}}$	Las razones de circulante altas indican un mayor grado de liquidez, se exige una relación mínima de 2 a 1 para que tenga una solvencia circulante buena.
Prueba del ácido	$\frac{\text{Activo Circulante} - \text{Inventario}}{\text{Pasivo Circulante}}$	La razón debe ser cercana a la unidad para considerarla razonable. Es decir que, por cada peso de deuda, tener uno con disponibilidad inmediata.
Capital Neto de Trabajo	$\text{Activo Circulante} - \text{Pasivo Circulante}$	Esto se define como la cantidad de efectivo que la empresa posee para trabajar, después de haber cubierto la totalidad de sus préstamos a corto plazo.
Razón de Endeudamiento Terceros	$\frac{\text{Pasivo Total}}{\text{Activo Total}}$	Indica el porcentaje de la inversión total que fue conseguida a través de deuda.
Razón de Endeudamiento Capital	$\frac{\text{Pasivo Total}}{\text{Capital Contable}}$	La razón entre más alta este mayor el uso que hace la compañía del apalancamiento financiero. Una razón deuda-capital patrimonial baja suele verse como señal de que la empresa no está aprovechando lo suficiente el apalancamiento financiero para incrementar sus utilidades.
Margen de Contribución	$\frac{\text{Ventas} - \text{Costos de ventas}}{\text{Ventas}}$	Expresa el porcentaje de rendimiento por ventas. Si el resultado es muy bajo puede ser que sus ventas no son muy buenas, porque tienen costos altos, o ambas cosas.
Rentabilidad sobre el Activo	$\frac{\text{Utilidad Neta}}{\text{Activo Totales}} * 100$	Expresa la utilidad que está generando cada peso invertido en la empresa. Especifica la ganancia de la empresa a través del uso del activo total.
Rentabilidad sobre el capital	$\frac{\text{Utilidad Neta}}{\text{Capital Contable}} * 100$	Expresa la ganancia que está teniendo la aportación de los dueños, o cuanto se está generando de utilidad por cada peso aportado.

Figura 2. Indicadores financieros del trabajo. Elaboración propia, según Arias (2018), Gitman & Zutter(2016).

Para poder realizar este trabajo se analizaron los informes financieros públicos de los años 2012, al 2021 de la compañía Cemex (s.f).

Por último, la realización del análisis PESTEL, es utilizada para identificar las fuerzas macro (externas) que afectan a una organización. Las letras representan factores políticos, económicos, sociales, tecnológicos, del entorno y legales, de ahí su importancia para el plan financiero de una empresa. Ese análisis desempeña un papel muy importante para la dirección ya que representa una herramienta poderosa para la planeación estratégica.

## Resultados

A continuación, se presentan los resultados en la tabla 1 y su posterior interpretación

AÑO	RATIOS DE SOLVENCIA			RATIOS ENDEUDAMIENTO		RATIOS DE RENTABILIDAD		
	Índice de liquidez	Prueba Ácido	Capital de trabajo	Endeudamiento Terceros	Endeudamiento Socios	ROE	ROA	Margen de Contribución
2012	\$ 1.18	\$ 0.870	\$ 9,503.00	67%	33%	-0.6%	-0.2%	30%
2013	\$ 1.16	\$ 0.874	\$ 9,486.00	70%	30%	-0.6%	-0.2%	31%
2014	\$ 0.88	\$ 0.659	\$ 9,267.00	71%	29%	-0.3%	-0.1%	32%
2015	\$ 1.02	\$ 0.771	\$ 10,090.00	70%	30%	0.0%	0.0%	33%
2016	\$ 1.12	\$ 0.903	\$ 9,914.00	67%	33%	0.4%	0.1%	36%
2017	-\$ 0.62	-\$ 0.453	-\$ 2,270.00	65%	35%	8.2%	2.9%	35%
2018	-\$ 0.71	-\$ 0.488	-\$ 1,374.00	62%	38%	5.2%	2.0%	35%
2019	-\$ 0.85	-\$ 0.664	-\$ 830.00	63%	37%	1.7%	0.6%	33%
2020	-\$ 0.79	-\$ 0.610	-\$ 1,117.00	67%	33%	-16.2%	-5.3%	32%
2021	-\$ 0.79	-\$ 0.551	-\$ 1,155.00	61%	39%	7.8%	3.0%	32%

Tabla 1. Tabla de Resultados de los Ratios

Nota. Elaboración propia con datos de los Reportes Consolidados. En millones de dólares.

## Ratios de solvencia

Fundamentación. Es la base de que las deudas a corto plazo están garantizadas con valores del Activo Circulante, constituye los bienes con los que se cubrirán las deudas próximas a vencer. Este indicador exige una relación 2 a 1 para que se tenga buena solvencia. Coello (2015)

Los resultados nos indican que desde del 2017 han estado operando con indicadores de solvencia negativos, lo que significa riesgo de no enfrentar sus deudas de corto plazo. En la figura 3 podemos apreciar que los valores de pasivo circulantes del 2014 superan a los activos circulantes, afectando al capital de trabajo (tabla 1) y los resultados del índice de liquidez negativo para los años 2017 al 2021. Al incrementarse el riesgo de liquidez durante el periodo de suspensión de actividades para enfrentar la pandemia del COVID-19, su estrategia principal fue la obtención de financiamiento en el mercado de bonos y con bancos comerciales.



Figura 3 Activos circulantes vs pasivos circulante. Elaboración propia.

En la figura 4 podemos ver el efecto de toma de decisiones financieras al vender gran parte de sus activos fijos de acuerdo con el balance general 2016

contaba con \$227111 millones de dólares, pero en 2017 sus propiedades disminuyeron a \$12782 millones de dólares para poder enfrentar las deudas a largo plazo, cuyo monto en 2016 pasó de \$235,016 millones de dólares a \$9009 millones de dólares en 2017.

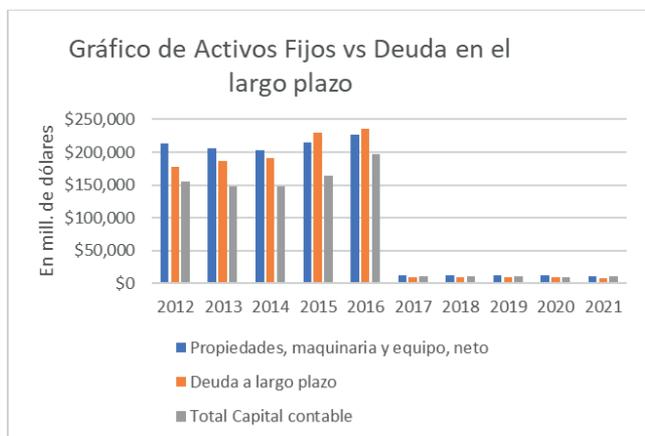


Figura 4 Disminución de deudas a largo plazo por la venta de activos del año 2016.

### Ratios de endeudamiento

Fundamentación. La finalidad de estas razones es la de conocer la proporción que existe en el origen de la inversión de la empresa, si el capital proviene de fuentes ajenas o de recursos propios. Se puede observar en la figura 5, que el grado de endeudamiento con terceros es mayor al del capital aportado por recursos propios. Lo cual no es bueno ya que enfrenta riesgo de pasar a terceros.

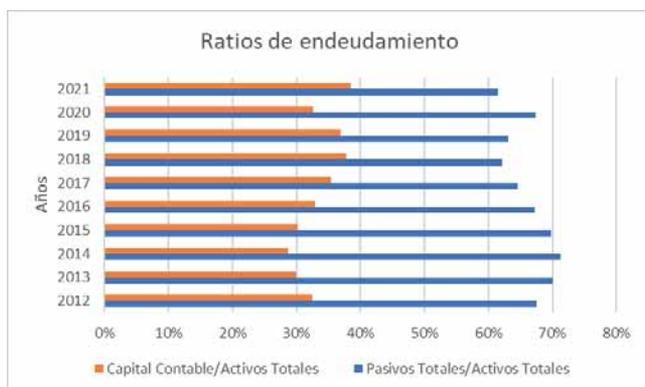


Figura 5 Ratios de endeudamiento, véase también tabla 1.

### Ratios de rentabilidad

(ROE) *Return on Equity* Esta medida indica la rentabilidad financiera de una empresa, en otras palabras, la rentabilidad para el accionista.

(ROA) *Return on Assets*, evalúa la capacidad y la eficiencia de la gestión de activos en poder de la empresa en términos de producción de los resultados financieros.

Los resultados se representan en la figura 6 y muestra una rentabilidad positiva para los años 2016 al 2019 y negativa para el 2020 por los efectos de la crisis sanitaria para el 2021 presenta una tendencia al alza tanto para el ROE como el ROA, mientras que el margen de contribución oscila entre 30 % y 36 %. Entre otras acciones como estrategia financiera en este rubro suspendió el programa de recompra de acciones y no se pagaron dividendos durante el 2020. Véase la tabla 1.

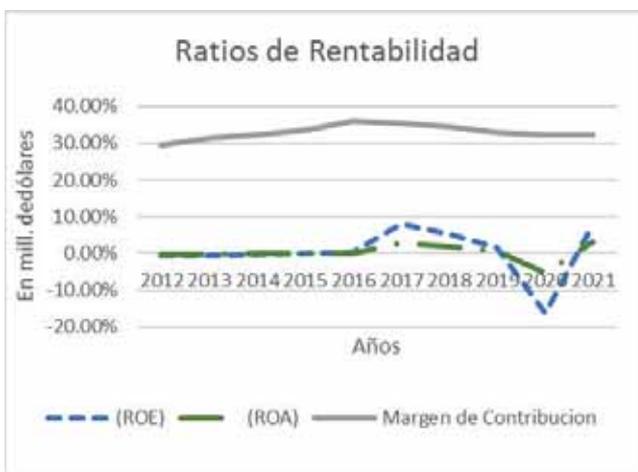


Figura 6 Ratios de Rentabilidad ROE, ROA, Margen de Contribución.

Otro dato relevante que encontramos para el año 2020, en su balance general fue la disminución por deterioro del crédito mercantil generada por la incertidumbre de la pandemia y otros activos intangibles por \$1020 y \$194 millones de dólares, respectivamente, así como pérdidas por deterioro de activos fijos ociosos por \$306 millones de dólares.

### Resultados del análisis vertical

Tabla 2. Resultados del Análisis Vertical

Año	Ventas netas	%	Costo de ventas	%	Utilidad/Pérdida neta	%
2012	14,984	100%	10,548	79%	913	-7%
2013	14,815	100%	10,170	76%	843	-6%
2014	15,288	100%	10,356	78%	507	-4%
2015	14,127	100%	9,410	70%	75	1%
<b>2016**</b>	<b>13,355</b>	<b>100%</b>	<b>8,568</b>	<b>64%</b>	<b>790</b>	<b>6%</b>
<b>2017</b>	<b>12,926</b>	<b>100%</b>	<b>8,365</b>	<b>65%</b>	<b>867</b>	<b>7%</b>
2018	13,531	100%	8,849	65%	570	4%
2019	13,130	100%	8,825	67%	179	1%
2020	12,970	100%	8,791	68%	1,446	-11%
2021	14,548	100%	9,875	68%	797	5%

Nota. Elaboración propia con datos de los Reportes Consolidados. En millones de dólares.

Los resultados de la tabla 2 nos muestran la relación que existe entre las ventas, costo de ventas y la utilidad, mientras que para el año 2016 las ventas fueron de \$13 355 millones, en comparación al año anterior de \$14 127 millones, el resultado del análisis vertical nos indica que la empresa tuvo un mejor desempeño durante el 2016 con un 6 % en comparación con el 1 % del 2015, de igual forma para los años 2017 y 2018. En el año 2020 podemos ver el impacto de la crisis del COVID19 indicador -11 % para finalmente recuperarse en el 2021. Esto se puede apreciar mejor en la figura 6.

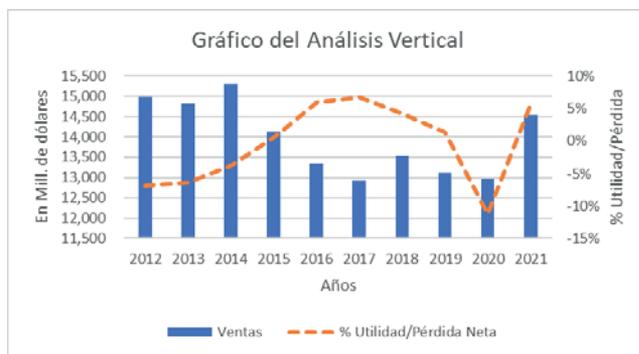


Figura 6 Gráfico del Análisis Vertical

Para poder enfrentar la crisis sanitaria, la empresa llegó a acuerdos para poder refinanciar su deuda bancaria, la reducción de costos, reducción de sus gastos operativos como porcentaje respecto de las ventas, algo muy importante fue la inversión en tecnología ya que desde antes de la pandemia contaba con una plataforma digital de ventas ampliamente desarrollada que le permitió responder de manera eficaz a las nuevas demandas del mercado.

## Análisis PESTEL

La matriz PESTEL, es una herramienta de la planeación estratégica, facilita la manera de entender el entorno proyectándose hacia el futuro, por lo que ofrecen un espectro amplio que comportamiento del entorno para tomar decisiones. A continuación, se presentan los resultados de la investigación en la figura 7.

POLÍTICO	Planes de Gobierno	La evaluación y estrategias planteadas de los gobiernos de México y Estados Unidos para reactivar la economía. El <i>acuerdo para la recuperación económica</i> para disminuir el impacto del COVID en 2020 beneficia entre otros al sector de la construcción, comunicaciones y transportes, energía y medioambiente.
ECONÓMICO	Impacto económico COVID-19	El sector de la construcción para el año 2021 presentó una recuperación del 12 % del PIB para el primer trimestre y del 17.3 % para el segundo (INEGI, 2021). Por lo que se esperan proyecciones favorables. A nivel mundial el crecimiento esperado es del 6.6 % para el 2022 según The Global Insurance Market Index
SOCIAL	Apoyo a la comunidad	En la sociedad impacta la disminución en el poder adquisitivo por pérdidas de empleo. El 95 % de sus plantas cuentan con planes de relacionamiento con la colaboración en la comunidad y autoridades donde se abordan temas sociales vitales como vivienda, propiedad de la tierra, acceso a servicios básicos, empleo y la inclusión financiera a través de microcréditos.
TECNOLOGICO	Innovación digital comercial y procesos digitales	Para poder responder a las exigencias globales, la empresa cuenta con una plataforma digital CEMEX Go desde hace cuatro años. El 61 % de ventas a través de la plataforma. Con una tasa del 93 % de uso en clientes recurrentes.
ECOLÓGICOS O AMBIENTALES	Acción climática y ODS	Los objetivos estratégicos se deben alinear con los ODS de la ONU .Se cuenta con un plan para la reducción de gases de efecto invernadero o emisiones específicas de CO <sub>2</sub> en un 35 % como meta al 2030 y para el 2050 los concretos tengan cero emisiones netas de CO <sub>2</sub> en todas las operaciones mediante el programa Futuro en Acción. Se priorizan cinco ODS para el 2030. De empleo digno y crecimiento económico (ODS 8); innovación y desarrollo de infraestructura (ODS 9); mitigación del cambio climático (ODS 13); conservación del medioambiente y los ecosistemas (ODS 15), y el progreso hacia ciudades y comunidades sostenibles (ODS 11).
LEGAL	Pago de tributos y manejo de la información.	En el aspecto legal se debe poner especial atención al pago de tributos y saldos compensatorios, para evitar el pago de multas, mayor control en el manejo de la información por medios digitales para evitar el robo de información.

Figura 7 Análisis PESTEL. Elaboración propia.

## Discusión

Existen múltiples trabajos enfocados sobre las razones financieras, sin embargo, quien investiga lo hace siempre para algún sector o giro empresarial de su interés; encontramos desde análisis en sectores, industrial, comercial y servicios como los realizados por Ribbeck,(2014); Rosell (2019); Venegas *et al.*, (2019) las cuales analizan e interpretan los ratios con las fórmulas ya conocidas, investigaciones que han utilizado técnicas multivariantes como el presentado por Morelos *et al.*, (2018). Madrigal *et al.*, (2015) realiza un análisis e interpretación de estados financieros en condiciones de incertidumbre utilizando la comparación de los resultados determinísticos y la técnica de

conjuntos borrosos, esta última presenta de manera práctica y en un solo gráfico la interpretación de los indicadores financieros. Investigaciones relacionadas con la toma de decisiones en épocas de crisis, un ejemplo es la presentada por Herrera *et al.*, (2020) para una empresa del sector minero analizada por el periodo del 2015 al 2019, en su estudio los resultados indicaron que la crisis COVID 19 ocasionó la repercusión en los indicadores financieros de la compañía, en este caso la liquidez y la rentabilidad mantuvieron rangos óptimos, mientras que la solvencia y el endeudamiento se vieron afectados, de la misma manera los activos también disminuyeron. Se encontraron diferentes investigaciones de la empresa Cemex, entre las que destacan temas de cultura organizacional, ventajas competitivas y análisis financieros como la presentada por Valdés *et al.*, (2020), en esta investigación se utiliza el método Dupont, para conocer a través de sus resultados las estrategias aplicadas por la dirección en los 10 años posteriores a la crisis financiera subprime del 2008, al igual que en la presente investigación, sus resultados muestran afectaciones a la eficiencia operativa y su costo de deuda durante ese periodo.

Todas estas investigaciones permiten analizar e interpretar resultados cuantitativos, el rumbo que lleva una empresa a partir de la toma de decisiones, recordemos que los resultados de los estados financieros son de suma importancia para los socios o accionistas, proveedores, acreedores, clientes, empleados y gobierno.

## Conclusiones

Todos los días las empresas toman decisiones de tres tipos: de operación, de financiamiento y de inversión; en el año 2007 con la adquisición de la empresa *Rinker Group Limited*, la empresa Cemex toma una de las decisiones de inversión más arriesgadas pero necesaria dado que estaba en una etapa de expansión, sin embargo, los factores externos como las crisis, pueden presentarse de improviso y afectar el rumbo de estas inversiones, llegando a tener consecuencias negativas a largo plazo.

Las estrategias utilizadas por la compañía durante esta última década fue la venta de activos fijos, la desinversión en activos ociosos, la refinanciación de la deuda bancaria, la reducción de costos y gastos operativos sin afectar la calidad de sus productos, ya que uno de los factores que destaca es la innovación en sus materiales y procesos de producción, que ha logrado mantenerla en la preferencia del mercado buscando siempre la reducción de gases de efecto invernadero.

En el análisis PESTEL encontramos aquellos factores de riesgo que podrían enfrentar si no se le da seguimiento. Las perspectivas de inversión de los gobiernos de México y Estados Unidos en proyectos de obras públicas para la reactivación económica son buenas para la empresa ya que benefician al sector de la construcción. Las grandes fortalezas con que cuenta, le han permitido mantener la confianza a sus accionistas y acreedores bancarios, por lo que la empresa considera generar suficiente flujo de efectivo que le permitirá enfrentar sus compromisos circulantes. La participación activa de la empresa durante la contingencia COVID19 le permitió colaborar con la sociedad a través de la desinfección de espacios públicos, módulos de atención a pacientes, entrega de cubrebocas, entre otras actividades de responsabilidad social y una fuerte infraestructura tecnológica le permitieron continuar con sus operaciones de manera remota.

## Contribución de los autores

RCSJ Análisis de datos, Gráficos, Redacción.

ROM Recolección de datos, Análisis de datos. Análisis PESTEL.

EPB Marco Teórico

## Financiamiento

Ninguno.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran que este trabajo se realizó con fines académicos haciendo uso de la información pública de la empresa contenida en sus memorias anuales. No pretende ilustrar el manejo correcto o incorrecto de la gestión administrativa de la institución.

## Presentaciones previas

Ninguna.

## Referencias

1. Arias R. (2018) Análisis e interpretación de estados financieros. Editorial Trillas, México DF. ISBN 978-607-17-0005

2. Barreto, B. (2020). Análisis financiero: factor sustancial para la toma de decisiones en una empresa del sector comercial. *Revista Universidad y Sociedad*, 12(3), 129-134
3. Calvo (2020) Análisis e interpretación de estado financieros Editorial PAC.13. Edición México D.F., ISBN 607 758 353 7 p.20.
4. Cemex, México (2021,31 de marzo) Futuro en Acción: Economía Circular Convertimos los residuos en energía con Proambiental [Video] <https://www.youtube.com/watch?v=qVnBuXV-1eo>
5. Céspedes S., & Rivera, L.(2019). Los ratios financieros. Facultad de Ciencias Empresariales. Universidad Peruana Unión. Disponible en: [https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/2591/Susana\\_Trabajo\\_Bachillerato\\_2019.pdf?sequence=1](https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/2591/Susana_Trabajo_Bachillerato_2019.pdf?sequence=1)
6. CEMEX (s.f.) Cemex.com <https://www.cemex.com/es/inversionistas/reportes/home#navigate>.
7. Coello, A. (2015). Ratios Financieros. Actualidad empresarial N° 336. p.VII-1. Recuperado de [http://aempresarial.com/servicios/revista/336\\_9\\_ECQ\\_EIWHC](http://aempresarial.com/servicios/revista/336_9_ECQ_EIWHC)
8. García, H., Pérez., Hernández, M., de León I., Díaz, V., & Castillo, T. (2020). El análisis financiero como herramienta para la toma de decisiones. *XIKUA Boletín Científico de la Escuela Superior de Tlahuelilpan*, 8(15), 25-31.
9. Gitman L. & Zutter Ch. (2016) Principios de Administración Financiera. Edit. Pearson Education México, DF.
10. Guardo, P., Arrieta, V., & Cardozo, H. (2018). Análisis financiero: enfoques en su evolución. *Criterio libre*, 16(28), 75-94.
11. Herrera, A; Betancourt, V; Vega, S y Vivanco, E. (2016). Razones financieras de liquidez en la gestión empresarial para la toma de decisiones. *Quipukamayoc*. 24(46): 151-160
12. Herrera R., Rodríguez R., & Guillen F. (2020). Repercusión de la crisis económica en los indicadores financieros de una empresa constructora.
13. INEGI (2020) <https://www.inegi.org.mx/rnm/index.php/>
14. Madrigal, F. Ayala, S y Chavez, L. (2015) Análisis e interpretación de estados financieros en condiciones de incertidumbre *Revista Administración y Finanzas* Vol.2 No.2 p.222-232
15. Morelos, J., De la Hoz E., & Fontalvo T. (2018) Método de cálculo multivariante para analizar y proyectar el comportamiento de las razones Financieras de grupos empresariales del sector de la extracción en Colombia. *Interciencia* 43(10),696-700. Disponible en <http://www.re-dalyc.org/articulo.oa?id=3395781004>.
16. Porter, M. (2015). Ventaja Competitiva. México: Editorial Patria. Recuperado de: [https://books.google.com.pe/books?id=\\_n0dDAAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=Porter,+M.+\(2015\).+Ventaja+Competitiva.&hl=es419&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q=Porter%2C%20M.%20\(2015\).%20Ventaja%20Competitiva.&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=_n0dDAAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=Porter,+M.+(2015).+Ventaja+Competitiva.&hl=es419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=Porter%2C%20M.%20(2015).%20Ventaja%20Competitiva.&f=false)
17. Ribbeck, C. (2014) Análisis e interpretación de Estados Financieros: Herramienta clave para la toma de decisiones en las empresas de la industria metalmeccánica del distrito de ATE Vitarte, Facultad de ciencias Económicas Financieras. Universidad San Martín de Porres Lima Perú.
18. Rosell, C. (2019). Relación entre el Análisis e Interpretación de Estados Financieros y la Toma de Decisiones Financieras en las pequeñas empresas mineras. Universidad de Chile.
19. Sáenz, L., & Sáenz, L. (2019). Razones Financieras de Liquidez: un indicador tradicional del estado financiero de las empresas. *Revista Científica Orbis Cognita*, 3(1), 81- 90. Recuperado a partir de [https://revistas.up.ac.pa/index.php/orbis\\_cognita/article/view/376](https://revistas.up.ac.pa/index.php/orbis_cognita/article/view/376)
20. Valdés, F., & Contreras, M., Beltrán J. (2020). Aplicación del método DUPONT en el análisis de los motores de rentabilidad: caso CEMEX 2005-2019. *Revista de Investigación Latinoamericana en Competitividad Organizacional RILCO*, (08).
21. Venegas, C. A. P., Chicaiza, B. L. C., & Llundo, J. T. R. (2019). Análisis financiero en las empresas del sector servicios en Ecuador entre los años 2016-2017. *Revista de investigación SIGMA*, 6(02), 80-95.
22. *Yahoo Finance* (s.f.) CEMEX, S.A.B. de C.V Stock Historical Prices &Data <https://finance.yahoo.com/quote/CX/history?p=CX>

## Instrucciones para autores

*Revista Multidisciplinaria de Ciencia, Innovación y Desarrollo* REMCID es el órgano oficial de la Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, Veracruz. Acepta para publicación artículos originales, artículos de revisión, cartas científicas, consensos, comentarios editoriales, cartas a los editores.

La revista publica dos números al año, de manera semestral, con carácter académico que incluye resultados de investigaciones con contenidos distintos.

El Comité Editorial evalúa los trabajos recibidos mediante dictamen tipo doble ciego, es decir omitiendo el nombre del autor o autores y conservándose tanto su anonimato como el del dictaminador. Todos los artículos enviados que se inscriban dentro del perfil temático de la revista serán considerados, sin que ello implique obligatoriedad de su publicación ni devolución del material enviado. Únicamente se recibirán documentos apegados a las instrucciones para autores. La dirección de la revista se reserva el derecho de realizar los cambios editoriales necesarios. Las aportaciones originales que son aceptadas por el Comité Editorial serán publicadas y pasarán a ser propiedad de la revista. Por lo tanto, queda prohibida su reproducción total o parcial, sin la autorización por escrito de los editores. Los trabajos deberán enviarse a: remcid@utzg.edu.mx

### Preparación y envío de manuscritos

1. Los manuscritos deberán enviarse a través del correo electrónico.
2. Todo el trabajo (incluyendo página frontal, resúmenes y títulos de figuras) deberá estar escrito a 1.5 espacio, tipo de letra *arial* 12, en formato tamaño carta (27 x 21 cm) y con márgenes de 2.5 cm.

### 3. Página frontal

Deberá contener:

- *Título del trabajo*: breve y descriptivo.
- *Autores*: serán mencionados con un nombre de pila más un apellido, colocar guión si se utiliza el segundo apellido.
- *Filiaciones*: serán referidas con números <sup>(1,2,3)</sup> como superíndices. Ejemplo: Rodrigo Rosas<sup>1</sup>, Victoria Zarco<sup>2</sup> y Humberto Estrella-Espinoza<sup>3\*</sup>

Las filiaciones (institución donde obtuvo su grado de estudios o bien lugar donde labora) se deberán colocar en el orden

siguiente: facultad y/o universidad / ciudad, provincia y país. No se colocarán cargos académicos ni laborales en las filiaciones de los autores.

- *Correspondencia*: Se pondrá asterisco en el autor para correspondencia. Asimismo deberá anotar un correo electrónico.

### 4. Resúmenes estructurados

Para artículos originales, de revisión, especiales y cartas científicas, el resumen debe estar escrito en Español e Inglés estructurado como sigue:

<b>Español</b>	<b>Inglés</b>
Resumen	Abstract
Palabras clave	Keywords

Deberán ser escritos en forma concreta, el cual presente una síntesis adecuada del trabajo.

- No usar citas bibliográficas.
- Serán concisos (máximo 250 palabras).
- Al final de los resúmenes en español y en inglés se anotarán de 3 a 6 palabras clave.
- Los decimales se escribirán con punto (.).
- Los unidades de miles se escribirán sin coma, solo con separación.

### 5. Formato del contenido del manuscrito

5.1 Artículo original o revisión: máximo 30 páginas.

Constará de los siguientes apartados:

1. Introducción
2. Resultados
3. Material y métodos
4. Discusión
5. Conclusiones
6. Contribución de los autores
7. Financiamiento
8. Conflicto de intereses
9. Presentaciones previas
10. Referencias
11. Tablas, figuras, imágenes, diagramas, gráficos, con título

Las abreviaturas serán explicadas la primera vez que se empleen y se utilizarán a lo largo de todo el manuscrito.

5.2 Carta científica : máximo 10 páginas.

1. Introducción
2. Presentación

3. Discusión
4. Referencias
5. Tablas, figuras, imágenes, diagramas, gráficos, con título Títulos de tablas

### 6. Financiamiento y conflicto de intereses

Podrán llevar los apartados que el autor disponga.

**Financiamiento** (obligatorio): si no hay se pondrá "No se recibió ningún patrocinio para llevar a cabo este artículo".

**Conflicto de intereses** (obligatorio): si no lo hay, se pondrá la siguiente frase: El/Los autor(es) declara(n) no tener conflicto de intereses.

**Agradecimientos** (opcional).

### 7. Referencias

Se ordenarán y enumerarán por orden de aparición en el texto, con la acotación respectiva en superíndice, deben ir antes de los signos de puntuación si es el caso.

Las referencias se presentarán en formato APA con límite para artículos originales de 25 a 30; en artículos de revisión de 25 a 35; en artículos especiales de 20 a 25 y en cartas científicas de 15 a 20 citas bibliográficas.

### 8. Tablas y figuras

- Se identificarán en forma progresiva con números arábigos de acuerdo al orden de aparición en el texto.
- Los títulos deberán ir en su parte superior (encabezado), indicando el número de la figura correspondiente (con arábigos) y señalando al final, por orden alfabético, las abreviaturas empleadas, con su definición correspondiente.
- Las figuras se deben entregar en formato TIFF, JPG, GIF, PNG, en alta resolución (300 dpi o más). No se aceptan archivos en PDF.
- Entre figuras y tablas no debe exceder de 10.

### 9. Motivos de rechazo

El incumplimiento de estas normas podrá ocasionar el rechazo del trabajo en cualquier momento del proceso editorial.

**Directorio Institucional**

Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, Veracruz

**Rectora**

Sandra Angélica Hernández Herrera

**Directora Académica**

Milagros Muñoz Bauza

**Director de Vinculación**

Heriberto Ortiz Vera

**Director de Planeación**

Israel Benítez Martínez

**Director de Administración**

Honorato Pérez Antonio

**Abogado General**

Ronald Castro Ortiz